

TARTU ÜLIKOOL  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Arvutiteaduse instituut  
Matemaatika- ja informaatikaõpetaja õppekava

Carmen Keivabu  
**Riigieksami ülesannete ja ChatGPT  
ümbersõnastatud ülesannete võrdlus**  
Magistritöö (15 EAP)

Juhendajad: Piret Luik, PhD  
Kerli Orav-Puurand, PhD

Tartu 2024

# Riigieksami ülesannete ja ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete võrdlus

## Lühikokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli välja selgitada, kui võrd ChatGPT abil ümbersõnastatud matemaatika tekstülesanded aitavad lihtsustada õpilaste jaoks keeruliste matemaatiliste tekstülesannete mõistmist ja lahendamist ning parandada õpilaste õpitulemusi. Uuring viidi läbi kahe Lääne-Virumaa gümnaasiumi 11. klassi õpilaste seas, kus valimiks oli 26 õpilast. Õpilased lahendasid neli riigieksami ülesannet ning nende ChatGPT poolt ümbersõnastatud versioone. Uuringus kasutati kombineeritud uurimismeetodit, mis hõlmas nii kvantitatiivset kui ka kvalitatiivset andmekogumist. Õpilaste tulemusi analüüsiti statistiliste meetodite abil programmis *JASP* ning tagasisidet ülesannete selguse ja arusaadavuse kohta koguti *Google Form* küsitluse teel. Uuringu põhitulemused näitasid, et ChatGPT abil ümbersõnastatud ülesannetes said õpilastele kokkuvõttes paremaid tulemusi kui riigieksami ülesannetes. Hinnangute põhjal selgus, et õpilased pidasid mõningaid ülesandeid selgemaks riigieksami ülesannetes, samas kui teised ülesanded olid neile arusaadavamad ChatGPT poolt ümbersõnastatud versioonides. Järeldusena võib öelda, et ChatGPT-l on potentsiaal toetada matemaatika õpetamist, kuid selle tõhus kasutamine nõuab hoolikat ülesannete sõnastamist.

**Märksõnad:** matemaatika, tekstülesanne, ChatGPT, keelemudel, ümbersõnastamine

**CERCS teaduseriala:** S270 Pedagoogika ja didaktika

## Comparison of national exam tasks and ChatGPT rephrased tasks

### Abstract

The goal of the master's thesis was to determine to what extent mathematics word problems rephrased using ChatGPT help simplify the understanding and solving of complex mathematical problems for students and improve their academic performance. The study was conducted among 26 11th-grade students from two high schools in Lääne-Virumaa. The students solved four national exam problems as well as their rephrased versions by ChatGPT. A mixed research method was used, including both quantitative and qualitative data collection. The students' results were analyzed using statistical methods in the JASP program, and feedback on the clarity and comprehensibility of the tasks was gathered through a Google Form survey. The main findings showed that students generally performed better on the problems rephrased by ChatGPT compared to the national exam problems. Based on the feedback, some tasks were considered clearer in the national exam versions, while others were more understandable in the versions rephrased by ChatGPT. In conclusion, ChatGPT has the potential to support mathematics teaching, but its effective use requires careful formulation of tasks.

**Keywords:** mathematics, word problem, ChatGPT, language model, rephrasing

**CERCS:** S270 Pedagogy and didactics

## Sisukord

Sissejuhatus .....	4
1. Töö teoreetiline taust.....	6
1.1 Matemaatika keele olemus ja olulisus.....	7
1.2 Keelemudelite, sealhulgas ChatGPT, areng ja olemus .....	10
1.3 Varasemad uurimused keelemudelite kasutamisest hariduses .....	13
1.4 Varasemad uurimused keelemudelite kasutamisest matemaatikas .....	15
2. Metoodika .....	18
2.1 Valim.....	18
2.2 Andmekogumine .....	18
2.3 Uurimisprotsess .....	18
2.4 Andmeanalüüs .....	19
3. Tulemused.....	20
3.1 Riigieksami ülesannete ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete tulemuste erinevus.....	20
3.1.1 Esimese ülesande tulemused .....	20
3.1.2 Teise ülesande tulemused.....	21
3.1.3 Kolmanda ülesande tulemused.....	22
3.1.4 Neljanda ülesande tulemused .....	23
3.1.5 Kokkuvõtvad tulemused.....	24
3.2 Õpilaste hinnangud tekstülesannete I ja II osa arusaadavusele .....	25
4. Arutelu .....	29
Viidatud kirjandus .....	32
Lihtlitsents.....	37
Lisad .....	38
Lisa 1. I osa matemaatika riigieksami ülesanded .....	38
Lisa 2. II osa ChatGPT poolt ümbersõnastatud riigieksami ülesanded .....	40
Lisa 3. Tagasiside küsitlus.....	43
Lisa 4. Informatiivne kiri uuringu osalenud õpilaste vanematele .....	48

## Sissejuhatus

Matemaatika aitab kirjeldada maailma meie ümber, ning selleks on vaja mõista matemaatikale omast keelt. Matemaatika kui teaduskeele olulisuse mõistmine võimaldab aru saada teaduse ja tehnoloogia arengust (Gümnaasiumi riiklik õppekava, lisa 3, 2011). Matemaatilise kirjaoskuse eesmärk on aidata inimesel mõista matemaatika tähtsust maailmas ning teha teadlikke ja põhjendatud otsuseid, mis on vajalikud 21. sajandi kodanikuks olemisel (PISA, 2023).

Matemaatika on kooli õppekavas asendamatu õppeaine, mis on oluline nii igapäevaelus kui ka teiste õppeainete õppimisel. On levinud arvamus, et enamikule õpilastest ei meeldi matemaatika, mis on tingitud paljudest teguritest: õpetamise meetodid, õpilaste mõtlemine, tunded ja oskused, aine sisust arusaamine (Gafoor & Kurukkan, 2015).

Töö autor on olnud matemaatikaõpetajana 24 aastat ning märganud, et kuigi õpilased tulevad algebraliste tehetegega hästi toime, muutuvad ülesanded keerukamaks, kui neis on rohkem teksti, näiteks tekst- ja probleemülesannetes. Tekstülesannete keerukus tuleneb sageli mitte ainult matemaatiliste oskuste puudumisest, vaid ka tekstide mõistmise raskusest. Ka Sepeng ja Madzorera (2014) uuringu tulemused näitavad, et suur osa õpilastest kogeb matemaatika tekstülesannete lahendamisel raskusi, mis tulenevad keerulisest matemaatilisest keelest. See viitab vajadusele keskenduda õpilaste matemaatilise sõnavara tugevdamisele, et parandada nende võimet tekstülesandeid lahendada. Tekstidest arusaamine ei ole kõigile ühtmoodi lihtne. Oleme kõik erinevad ja saame kirjutatud tekstidest erinevalt aru, isegi omavahel suheldes tekib teatavaid ebakõlasid ehk väärarusaamasid. Tekstist arusaamine sõltub ka palju lapse kultuuriruumist, kus ning millises keelekeskkonnas on ta üles kasvanud (Krull, 2018). Seetõttu võib olla üks ja sama tekstülesanne mõne lapse jaoks mõistetav, kuid teise jaoks mitte. Üks raskustest seisneb selles, et matemaatiline keel erineb igapäevakeelest (Aru, et al., 2020). Matemaatiline keel on sümbolite, mõistete, definitsioonide ja teoreemide keel (Ilany & Margolin, 2010). Aru jt (2020) rõhutavad, et aju vajab matemaatilise stiili, sümbolite ja keele omandamiseks harjumist. Matemaatilise keele all mõistetakse keelt, mida kasutatakse matemaatika probleemide väljendamiseks ja lahendamiseks, hõlmates nii formaalset sümboolikat (nt muutujad) kui ka sõnalist keelt, millega kirjeldatakse matemaatilisi mõisteid ja protseduure.

Tehisintellekt (*Artificial Intelligence, AI*) on levinud kõikidesse inimtegevuste valdkondadesse, tuues kaasa olulisi muutusi ja uusi teaduslikke ning eetilisi väljakutseid. Haridus ei ole selles arengus erandiks ega kõrvale jäänud. OpenAI poolt avalikustatud ChatGPT (*Chat Generative*

*Pre-trained Transformer*), suur keelemudel (*Large Language Models, LLM*), on äratanud suurt huvi selle tehnoloogia võimalike rakenduste vastu hariduses (Matzakos, et al., 2023). ChatGPT kasutamine matemaatika õppimisel pakub märkimisväärsed eeliseid nii õpilastele kui ka õpetajatele (Manik, 2024). GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) mudelid, sealhulgas GPT-3.5, on peamiselt loodud loomuliku keele töötlemise (*Natural Language Processing, NLP*) ülesannete jaoks, nagu keele genereerimine, tõlkimine ja küsimustele vastamine. Kuigi GPT-mudelid suudavad sooritada lihtsamaid aritmeetilisi tehteid ja ära tunda matemaatilisi sümboleid ja väljendeid, ei ole nad spetsiaalselt loodud ega optimeeritud keeruliste matemaatiliste probleemide lahendamiseks (Wardat, et al., 2023).

Kuna olemasolevad keelemudelid, sealhulgas ChatGPT, pole loodud spetsiaalselt hariduse ning veel enam matemaatika jaoks, on oluline mõista, kuidas saaks keelemudeleid tõhusalt hariduses rakendada. Eriti tähtis on leida lahendusi matemaatiliste tekstülesannete lihtsustamiseks, mis on sageli õpilaste jaoks keerulised.

Magistritöö keskendub 11. klassi kitsa kursuse õpilastele suunatud matemaatika õppe toetamisele, kasutades selleks keelemudelit ChatGPT 3.5. Uuringu eesmärk on välja selgitada, kui võrd ChatGPT abil ümbersõnastatud matemaatika tekstülesanded aitavad lihtsustada õpilaste jaoks keeruliste matemaatiliste tekstülesannete mõistmist ja lahendamist ning parandada õpilaste õpitulemusi. Püstitati kaks uurimisküsimust:

1. Millised erinevused on riigieksami ülesannete ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete tulemustes?
2. Kuidas hindavad õpilased ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete arusaadavust ja sõnastuse selgust võrreldes eksamiülesannetega?

Käesolev magistritöö koosneb neljast osast. Esimeses osas käsitletakse uurimuse teoreetilisi aluseid, selgitatakse mõistete olemust ning antakse ülevaade keelemudelite kasutamisest hariduses, eriti matemaatika õpetuses. Teine osa tutvustab uuringu protseduuri, peamisi meetodeid, vahendeid ja uuringuperioodi. Kolmandas osas esitatakse peamised tulemused ning neljandas osas toimub tulemuste tõlgendamine, analüüs ja arutelu.

Töö kirjutamise käigus uuris autor erinevaid teaduslikke materjale, sealhulgas Eesti ja teiste riikide teadlaste raamatuid ning artikleid. Seega on töö koostamisel kasutatud erinevate teadlaste mõtteid ja uuringute tulemusi, millele on nõuetekohaselt viidatud. Lisaks on töö koostamisel kasutatud keelemudeli ChatGPT abi tõlkimisel, ideede genereerimisel ja teksti ümbersõnastamisel.

## 1. Töö teoreetiline taust

Põhikooli ja gümnaasiumi riiklike õppekavade kohaselt on matemaatika peamine eesmärk matemaatikapädevuse kujundamine. Matemaatikapädevus hõlmab nii matemaatika loogika kui ka sotsiaalse, kultuurilise rolli mõistmist ja väärtustamist. Matemaatikapädevus on seotud igapäevaeluliste ja teaduslike probleemide lahendamisega ning eeldab probleemilahendamise põhioskuste omandamist (Põhikooli riiklik õppekava, lisa 5, 2011; Gümnaasiumi riiklik õppekava, lisa 5, 2011). Probleemide lahendamise pädevus on matemaatilise mõtlemise alus. Probleem-ülesannete lahendamise oskus hõlmab mitmesuguseid võimeid, nagu vaatlus, katsetamine, analüüs (terviku osadeks jagamine), süntees (osade ühendamise), üldistamine, täpsustamine, järelduste tegemine üldistustest ning loov mõtlemine (Lepmann, 2016). Probleemi lahendamine on keeruline ja tervikuna raskesti haaratav psüühiline protsess. Õpilased ei õpi rakendama õpitud ainult sellega, et neile antakse lahendada palju ülesandeid. Neile tuleb õpetada ülesande sõnastuse hoolikat läbilugemist, ümber sõnastamist, tekstis kajastatud teabe ja andmete teadvustamist, olulise teabe eraldamist ebaolulisest ning lahendusplaani koostamist. (Krull, 2018)

OECD rahvusvahelise õpilaste hindamise programmi PISA (*Programme for International Student Assessment*) (2023) tulemused on näidanud, et paljudel õpilastel on raskusi matemaatika tekstülesannete lahendamisel, eriti keerulise keele ja kontekstide mõistmine. Langoban (2020) uuringust selgub, et õpilaste raskused matemaatika tekstülesannete lahendamisel on seotud mitmekesiste mõjuteguritega, sealhulgas varasemate teadmiste, õpetamise kvaliteedi, saadava toe, õpilaste motivatsiooni ja sotsiaalse taustaga. Need tulemused viitavad, et matemaatika õpitulemused võivad olla tihedalt seotud õpilaste individuaalsete kogemustega.

Matemaatiliste tekstülesannete lahendamine on keeruline, kuna selle peamine väljakutse seisneb arusaamisega lugemises ehk probleemi mõistmises ning vajalike lahendusstrateegiate valimises (Sepeng & Madzorera, 2014). Lepiku (1988) sõnul eristatakse erialakirjanduses termineid „keerukus” ja „raskus”. Keerukus on ülesande objektiivne omadus, mis ei sõltu lahendajast. Seda määratletakse ülesande ja selle lahendusprotsessi analüüsi kaudu, kusjuures arvestatakse nii ülesande sõnastust, lahendusprotsessi loogilist struktuuri kui ka vajalikke algebralisi teisendusi ja aritmeetilisi operatsioone. Ülesande raskusaste aga sõltub nii ülesande enda omadustest kui ka lahendaja oskustest ja teadmistest.

Matemaatika tekstülesanded on õpilaste igapäevaelus väga olulised, sest need käsitlevad igapäevaeluga seotud tegelikke probleeme. Suurem osa tekstülesannete lahendamise raskustest tulenevad keerulisest või ebaselgest matemaatilisest keelest (Haerani, et al., 2021), seega, et edukalt tekstülesandeid lahendada peab õpilane tundma matemaatika sõnavara vastavalt selle terminoloogiale (Sepeng & Madzorera, 2014).

Rohkem kui pool sajandit on möödunud digitehnoloogiate kasutuselevõttust matemaatika õpetamisel ja õppimisel. Näiteks 1970. aastate alguses püüti kõrgkoolidesse tuua lihtsaid kalkulaatoreid. Seejärel tõi tehnoloogia pidev areng õpetajatele hulgaliselt matemaatika-vahendeid, sealhulgas spetsiaalselt arvutamiseks, graafikute koostamiseks ja diagrammide esitlemiseks mõeldud tarkvara. Tehnoloogia pidev areng viib õpetaja rolli pidevasse muutumisse ning õpilastele antavate ülesannete ümbersõnatamiseni (Matzakos, et al., 2023). Tehisintellekti süsteemide, eriti suurte keelemudelite, esile kerkimine on toonud kaasa veel ühe digitehnoloogia, millega tuleb õpetajatel arvestada. Hiljutine suurte keelemudelite, näiteks ChatGPT, laialdane kasutuselevõtt on algatanud arvukalt arutelusid ja vaidlusi nende positiivsete ja negatiivsete külgede üle (Rasul, et al., 2023).

Tehisintellekt põhineb matemaatikal. AI eesmärk on mõelda nagu inimene ning jäljendada tema käitumist matemaatika abil. Nii tehisintellekt kui ka matemaatika peamisi eesmärke on leida parimaid võimalusi ja lahendusi probleemide lahendamiseks ehk mõlemad on loodud optimeerimise eesmärgil. AI-süsteemid töötavad matemaatiliste algoritmide, mudelite ja arvutuste abil, mis on hästi dokumenteeritud ja mõistetavad ning selle aluseks on konkreetsed ja arusaadavad matemaatilised põhimõtted ning meetodid (Rawat & Mishra, 2022).

Järgnevas alapeatükkides annab töö autor ülevaate matemaatika keele olemusest ja selle tähtsusest matemaatika õppimisel. Samuti käsitletakse keelemudelite, sealhulgas ChatGPT, arengut ja olemust. Lisaks uuritakse varasemate uuringute põhjal keelemudelite rolli hariduses ning nende rakendamist matemaatika õpetamisel.

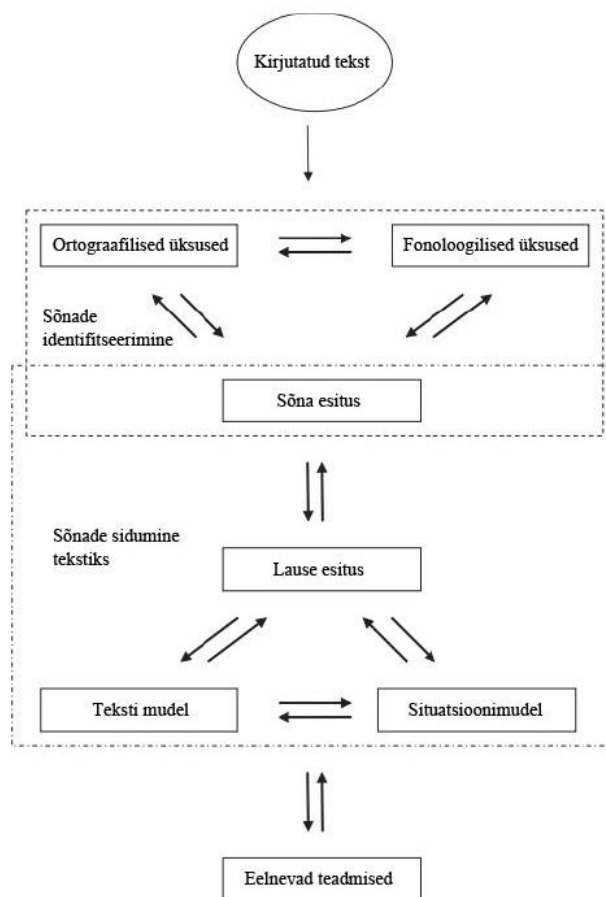
## **1.1 Matemaatika keele olemus ja olulisus**

Õppimine toimub nii koolis kui ka väljaspool kooli suures osas kirjalike tekstide põhjal (Kängsepp, 2015). Kirjalike tekstide mõistmiseks on oluline, et õpilane suudaks lugemisel luua seoseid tekstis esitatud informatsiooni ja oma varasemate teadmiste (kogemuste) vahel (Mikk, 1980). Hea lugemisoscuse omandamine on oluline mitte ainult emakeele, vaid ka kõigi teiste õppeainete jaoks ning see ei tähenda ainult grammatiliste konstruktsioonide õppimist, vaid eelkõige info saamist tekstist ja selle mõistmist, mis on seotud õpilase kognitiivse arenguga

(Uibu & Voltein, 2010). Ünal jt (2023) väidavad, et head lugemisoskused aitavad õpilastel paremini hakkama saada matemaatiliste tekstidega, mida kinnitab ka Grimm (2008).

Grimm (2008) rõhutab, et tavaline lugemine ja matemaatikateksti lugemine on omavahel olulises seoses. Tema uurimus näitab, et lugemisoskused, eriti lugemise mõistmine, mõjutab otseselt õpilaste võimet lahendada matemaatilisi ülesandeid.

Verhoeveni ja Perfetti (2008) on välja töötanud mudeli (joonis 1), mille järgi algab teksti lugemine üksikute sõnade äratundmisest, kus lugeja muudab nähtavad tähed (ortograafilised üksused) ja häälikud (fonoloogilised üksused) keelelisteks sümboliteks. See tähendab, et lugeja tuvastab tähekombinatsioonid sõnadena. Seejärel ühendab sõnad lauseteks ja loob neist teksti. Protsess lõpeb teksti ja varasemate teadmiste ühendamise, mille tulemusena tekib arusaam.



Joonis 1. Lugemise mõistmise protsessi mudel (Verhoeven & Perfetti, 2008, lk 294)

Teksti koostisosade tuvastamine sõltub teadlikkusest vormi, sõna ja lausete rollist tekstis, eriti sümbolite ja süntaksi tundmisest. Süntaks tegeleb üldiselt reeglitega, mille järgi lauseid ja sõnu konstrueeritakse (MacGregor & Price, 1999). Matemaatilise keele süntaks sisaldab sümbolite loendeid, keelemustrite konstrueerimise reegleid, aksioome, deduktiivset süsteemi ja teoreeme.

Matemaatilised terminid ja sümbolid peavad olema üheselt määratletud. Iga väide matemaatilises keeles üheselt mõistetav – igal matemaatilisel muustril on üks kindel struktuur, mis on määratud operatsioonireeglitega (Ilany & Margolin, 2010).

Aru jt (2020) on kirjeldanud matemaatikat kui omaette keelt. Nagu iga teine keel, aitab matemaatika kirjeldada maailma meie ümber ja võimaldab suhelda ning jagada vajalikku informatsiooni. Siiski erineb matemaatika keel tavapäraestest keeltest. Kui tavalises keeles on peaaegu iga objekti jaoks oma sõna või sõnapaar, siis matemaatika keeles on mõisted sageli abstraktsemad ja spetsiifilisemad. Tavalised keeled suudavad kirjeldada paljusid asju, millega kokku puutume, kuid teevad seda tihti mitmetähenduslikult. Matemaatika hõlmab nii konkreetseid teadmisi ja kontseptsioone, kui ka oskusi ja meetodeid, kuidas vastavaid teadmisi rakendada ning kuidas probleeme lahendada (protsess) (Kenney, et al., 2005). Matemaatiliste mõistete abstraktsus aga ei tähenda veel, et need poleks igapäevaselt kuidagi kasulikud. Mõnikord on lihtsalt keeruline näha nende vahelisi seoseid meid ümbritseva maailmaga (Aru, et al., 2020).

Boulet (2007) rõhutab, et matemaatilise keele terviklikkus on tihti seotud kolme komponendiga: matemaatilised sõnad (mõisted), sümbolid ja arvud. Need kolm koos määravad matemaatilise keele. Matemaatiline keel tugineb matemaatilisele sõnavarale, mis sisaldab tehnilisi termineid (defineeritavad mõisted), sümboleid, mittetehnilisi termineid (mitte defineeritavad mõisted) ja mitmetähenduslikke sõnu. Need matemaatilise keele komponendid tekitavad õpilastele arvukalt väljakutseid ülesannetega seotud probleemide lahendamisel, eriti tekstülesannete või probleemülesannete puhul (Schleppegrell, 2007).

Tekstülesannete (või ka probleemülesannete) lahendamisel, st matemaatiliste ülesannete lahendamisel, millega kaasneb tekst, seisab õpilane silmitsi kahe omavahel segatud keelega: loomulik keel (ehk igapäevane keel) ja matemaatiline keel. Põhilised erinevused loomuliku keele ja matemaatilise keele vahel tulenevad ennekõike sellest, et matemaatiline keel on loomuliku keele struktuurist täpsem ja vähem paindlik (Kane, 1970).

Loomulikus keeles on lause nähtav ülesehitus (kuidas sõnad on paigutatud) ja lause sügavam tähendus erinevad. Esineb sõnu, mis võivad olla mitmetähenduslikud sõnade erinevate tähenduste tõttu. Keele rikkus tuleneb nimisõnade ja väljendamiseks kasutatavate sõnade, sealhulgas tegusõnade ja omadussõnade, mitmekesisusest. Teisest küljest, matemaatilises keeles on iga lause nähtava ülesehituse taga üks kindel sügav tähendus, kõik sõnad on selged ja üheselt mõistetavad. Matemaatilise keele lihtsus väljendub selles, et on ainult üks nimisõnade

tüüp (numbrid, funktsioonid jne) ja kaks suhte seost (võrdne ja mitte võrdne) (Bloedy-Vinner, 1998).

Kokkuvõttes võib öelda, et erinevaid mõisteid tõlgendatakse erinevates keeltes – loomulikus ja matemaatilises keeles – erinevalt. Matemaatilise keele struktuur on täpsem ja vähem paindlik kui loomuliku keele struktuur, mistõttu tekib õpilastel raskused loomuliku keele kasutamisel matemaatikaülesannetes (Kane, 1970).

Ilany ja Margolin (2010) väidavad, et matemaatilise keele ja loomuliku keele vahel on sild. Matemaatiline keel vajab matemaatilise sõnavara tundmist, samas kui loomulik keel nõuab teksti kui terviku mõistmist. Kui matemaatilise keele teadmised on nõrgad, peab loomulik keel täiendama puudujääke, tekst peab olema selgesõnaline (arusaadav/üheselt mõistetav). Kui aga matemaatilise keele teadmised on olemas, siis loomulik keel ei ole enam vajalik. Seega, ilmnevad matemaatilise keele ja loomuliku keele teadmiste lüngad (puudujäägid) eelkõige tekstülesannete lahendamisel.

Tekstülesannete lahendamisel on teksti lugemine ja tekstisisu mõistmine väga olulised ning lisaks ülesande teksti keeleliste omadustele mängib lahendusprotsessis tähtsat rolli ka lugemispädevus (Stephany, 2021). Teksti keeleline struktuur mõjutab selle mõistmist, kuna teatud keelestruktuurid, näiteks lauseehitus ja terminoloogia, võivad olla lugejale tuttavamad ja seega paremini vastata ootustele ja kogemustele (Kintsch, 1994). Samuti on Davis-Dorsey jt (1991) leidnud, et tekstülesannete ümber sõnastamine nii, et tähenduslikud seosed muutuvad selgemaks, näiteks tekstis olevate võrdluste puhul, parandab nende mõistmis- ja lahendusprotsessi.

## **1.2 Keelemudelite, sealhulgas ChatGPT, areng ja olemus**

Inimestel on ainulaadne võime kasutada keelt suhtlemiseks, mis areneb juba varases lapsepõlves ning areneb edasi kogu elu jooksul (Pinker, 2003). Inglise matemaatik Turing on esitanud lihtsa, kuid samas ka keerulise küsimuse „Kas masinad suudavad mõelda? (*Can machines think?*)“ (1950, lk 433). Sellele küsimusele vastuse leidmiseks algatasid teadlased McCarthy jt (2006) teadusliku uurimisprojekti ning võtsid 1955. aastal kasutusele termini „tehisintellekt“, et viidata masinatele ja protsessidele, mis jäljendavad inimlikku mõtlemist ja teevad otsuseid nagu inimesed. Masinatele puudub loomulik võime mõista ja kasutada inimkeelt, kui nad pole varustatud võimsate tehisintellekti mudelitega (Zhao, et al., 2023). Masinatele inimeste tasemel lugemis-, kirjutamis- ja suhtlemisoskuste andmine on olnud teadlaste pikaajaline eesmärk ja uurimisväljakutse (Dwivedi, et al., 2023).

Alguses imitatsioonimänguna tuntud Turingi test pakuti välja meetodina, et määrata, kas masin suudab näidata intelligentset käitumist, mis on võrreldav inimtegevusega või on sellest eristamatu (Turing, 1950). Kuigi need võimalused tundusid kunagi ulmena, on need peagi reaalsus. Oleme hetkel olukorras, kus saame teada, kas masinad suudavad mõelda või mitte (Tlili, et al., 2023).

Tehisintellekt on arvutiteaduse haru, mis keskendub arvutiprogrammidele, mis suudavad jäljendada inimese mõtlemisvõimeid, näiteks õpetamist ja otsuste tegemist. AI-süsteemid ja -rakendused hõlmavad tarkvara, riistvara, õpperoboteid, tahvelarvuteid, nutitahvleid, nutitelefonide rakendusi ja nutikaid õppemänge, mis jäljendavad inimese mõistuse tegevust hariduslikel eesmärkidel (Tashtoush, et al, 2024).

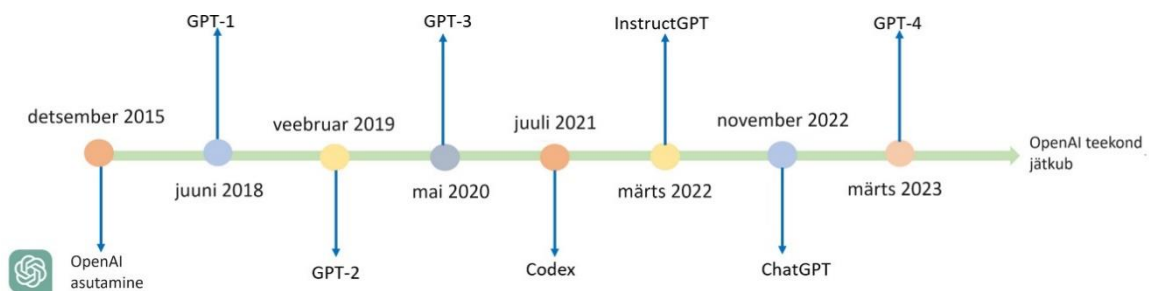
Arvutipõhise keeletöötlemise valdkonnas on esile tõusnud uus ja võimas vahend, mida tuntakse suurte keelemudelite nime all. Need mudelid on võimelised mõistma keerulisi keelelisi mustreid ja looma selgeid ning konteksti sobivaid vastuseid. Suured keelemudelid kuuluvad tehisintellekti mudelite hulka ja on osutunud tõhusaks tööriistaks paljude ülesannete lahendamisel, sealhulgas loomuliku keele töötlemisel, masintõlkes ja küsimustele vastamisel (Hadi, et al., 2023).

Esimesed keelemudelid loodi 1950. ja 1960. aastatel. Need mudelid põhinesid reeglite kogumil ja kasutasid keele töötlemiseks käsitsi loodud grammatikareegleid ja omadusi. Need olid oma võimetelt piiratud ega suutnud hakkama saada loomuliku keele töötlemise keerukusega (Liddy, 2001). Silmapaistvate LLM-mudelite hulgas on kaks peamist keelemudelit: BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) ja GPT, kus BERT, mille Google käivitas 2018. aastal, on saavutanud märkimisväärseid tulemusi erinevates loomuliku keele töötlemise ülesannetes. GPT, mille on välja töötanud OpenAI, põhineb laialdasel eelkoolitusel suurtes märgistamata tekstiandmekogumites, mis on oluliselt parandanud selle tõhusust mitmes NLP-rakenduses. Google'i BERT-i uurimise järel tekkisid Facebooki RoBERTa ja Google'i T5, mis on veelgi laiendanud keelemudelite võimalusi NLP valdkonnas (Dao, 2023).

Keelemudelite areng on toimunud neljas etapis: statistilised mudelid (*Statistical Language Models, SLM*), neuraalvõrgustiku mudelid (*Neural Language Models, NLM*), kontekstualiseeritud sõnaesitused (*Pre-trained Language Models, PLM*) ja suured keelemudelid. Iga etapp on toonud kaasa olulisi edusamme loomuliku keele töötlemise ja arvutinägemise (*Computer Vision, CV*) valdkonnas. Tänapäeva suurimad keelemudelid, nagu GPT versioonid GPT-3 ja GPT-4, suudavad täita erinevaid keelelisi ülesandeid ja integreerida

visuaalset teavet, pakkudes sisukamaid ja mitmekesisemaid vestlusi. OpenAI loodud ChatGPT, mis põhineb GPT- 3.5 versioonil, on suurepärase näide tänapäeva keelemudelite võimekusest, pakkudes tavakeelele vastavaid vastuseid ja vestlusi (Hadi, et al., 2023).

Suurte keelemudelite areng toimus kahes mõõtnes: suletud lähtekoodiga LLM-id ja avatud lähtekoodiga LLM- id. LLM-ide ajastu algas laias laastus GPT-3-ga. Pärast GPT-3 edu arendas OpenAI välja järelmudelid, nagu InstructGPT, Codex, ChatGPT ja GPT-4. Joonisel 2 on näidatud OpenAI teekonda alates GPT-1-st kuni viimase GPT-4-ni ning areng jätkub (Kalyan, 2024).



Joonis 2. OpenAI teekond alates GPT-1-st kuni uusima GPT-4-ni (Kalyan, 2024, lk 8)

Alates 30. novembrist 2022 on keelemudel ChatGPT hämmastanud maailma oma erakordse võimega täita äärmiselt keerulisi ülesandeid (Baidoo-Anu & Ansah, 2023). ChatGPT on võimeline genereerima sidusaid, (osaliselt) täpseid, süstemaatilisi ja informatiivseid vastuseid, mis integreerivad ja säilitavad vestluse teema ja ajaloo (Zhai, 2022). Loomuliku keele töötlemise süsteem ChatGPT, mis suudab jäljendada inimesega sarnaseid vestlusi, on üks paljutootavamaid tehisintellekti tehnoloogiaid (Lin, et al., 2023).

ChatGPT kasutab loomuliku keele töötlemist, et õppida Interneti andmetest ning pakkuda kasutajatele tehisintellekti-põhiseid vastuseid küsimustele või juhistele. Seda võib ette kujutada kui „robotit“, kellega saab rääkida kõigest. Kasutajasõbralik liides teeb suhtlemise lihtsaks. ChatGPT-lt saab küsida andmeid, analüüsi ja isegi arvamusi, kuid ei võta kindlat seisukohta, kuna vastused põhinevad miljardite tekstide statistilisel analüüsil internetis (Sabzalieva & Valentini, 2023). Lisaks suudab ChatGPT pidevalt hoida dialoogi stiili, mis kaasab kasutajat loomulikuma viisil, erinevalt teistest keelemudelitest, mis võivad tihtipeale pakkuda igale küsimusele ebaolulisi vastuseid. See teeb ChatGPT-st ainulaadsema mudeli võrreldes teiste suurte keelemudelitega (Rahman & Watanobe, 2023).

Tänapäeval on ilmunud mitmesuguseid suuri keelemudeleid. ChatGPT on populaarne oma kasutajasõbralikkuse ja kergesti kättesaadavuse tõttu, pakkudes tasuta GPT-3.5 versiooni ja

tasulist GPT-4 versiooni. Microsofti Bing Chat (nüüd *Copilot*) ja Google'i Bard (nüüd *Gemini*) pakuvad samuti uusi võimalusi, kus Bing Chat paistab silma oma võimega toetada uurimistööd, pakkudes reaajas juurdepääsu värsketele teabele ja on seotud Microsofti tööriistadega, kuid piiratud juurdepääsu ja brauseri ühilduvuse tõttu võib olla vähem sobiv igapäevaseks kasutamiseks (100 päringu piirang päevas). Google Bard on endiselt varajases arenguetapis, kuid pakub reaajas interneti-juurdepääsu (70 päringuga tunnis) (Giannakopoulos, et al., 2024).

Seega ChatGPT tulekuga on lõpuks olemas uuenduslik AI-tehnoloogia, mis seab Turingi testile tõelise väljakutse ja näitab, kas see on võimeline mõtlema nagu inimene (Turing, 1950). Ei ole kindel, kas see läbiks pikemas perspektiivis Turingi testi, kuid on kindel, et ChatGPT on vestluspõhise AI-toega keelemudelina revolutsiooniline ja see on nähtav märk muutusest, mis on toimunud mitte ainult haridusmaastikul, vaid ka meie elu igas valdkonnas (Tlili, et al., 2023).

### **1.3 Varasemad uurimused keelemudelite kasutamisest hariduses**

Suured keelemudelid, mis on viimasel ajal tehisintellekti valdkonnas palju kõneainet tekitanud, on oma silmapaistvate tulemuste tõttu loomuliku keele töötlemise (*NLP*) ülesannetes pälvinud rohkelt tähelepanu nii akadeemilistes ringkondades kui ka tööstuses (Kalyan, 2024). Suurte keelemudelite (*LLM*) kasutamist hariduses on peetud potentsiaalseks huvivaldkonnaks just nende poolt pakutavate rakenduste mitmekesisuse tõttu. Kuna iga inimene on erinev, siis on ka inimesel oma ainulaadsed õppimiseelistused, võimed ja vajadused ning keelemudelid pakuvad ainulaadset võimalust isikupärastatud ja tõhusaid õppimiskogemusi (Kasneci, et al., 2023).

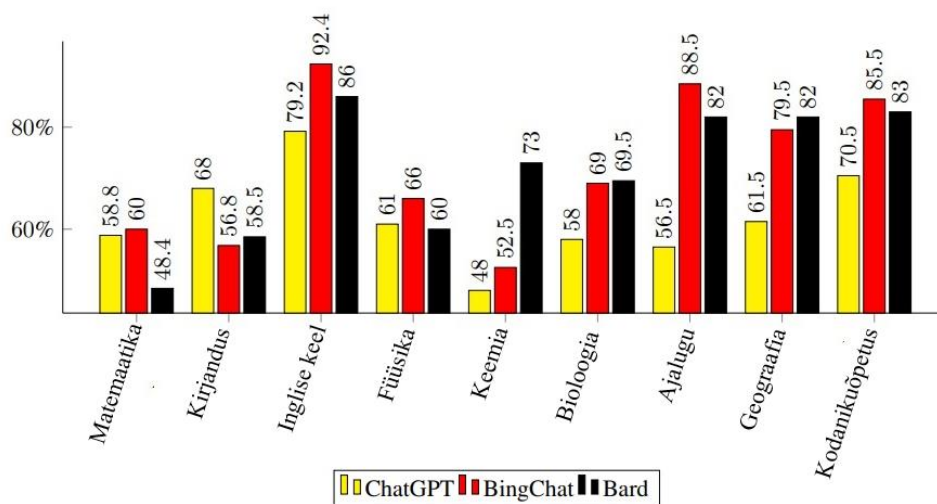
Tehisintellekti kiire areng mõjutab miljoneid õpilasi ja õpetajaid (akadeemikuid), kes kasutavad suuremate keelemudelite, nagu ChatGPT, Bing Chat ja Google Bard, baasil töötavaid keelemudeleid (Rudolph, et al., 2023). Need mudelid muutuvad hariduses järjest tähtsamaks, pakkudes uuenduslikke meetodeid õpetamiseks ja õppimiseks, samuti isikupärastatud õpikogemusi ja nutikat juhendamist (Gan, et al., 2023).

Kasneci jt (2023) ja Farrokhnia jt (2023) uuringud toovad esile suurte keelemudelite, nagu ChatGPT, potentsiaali hariduses. Kasneci jt uuringud rõhutavad, et need mudelid võimaldavad isikupärastada õppimiskogemusi, kohandades neid iga õpilase individuaalsetele vajadustele ja eelistustele. Samas juhivad nad tähelepanu ka kriitilise mõtlemise arendamise ning eetiliste kaalutluste olulisusele, et tagada keelemudelite vastutustundlik rakendamine hariduses. Farrokhnia jt uuringud näitavad, et AI-tööriistad, nagu ChatGPT, pakuvad õpetajatele olulist tuge õppetundide planeerimisel, luues õpilaste huvidele vastavaid õpikeskkondi ja genereerides

kohandatud õppematerjale, mis vastavad õppekava nõuetele. Need tulemused osutavad, et keelemudelid võivad lihtsustada õpetajate igapäevaseid ülesandeid ja võimaldada keskenduda rohkem individuaalsele juhendamisele, parandades seeläbi hariduse kvaliteeti tervikuna.

Õpetamise ja õppimise valdkonnas, enim kasutatud keelemudeli ChatGPT esile kerkimine, on tekitanud erinevaid seisukohti, sest selle potentsiaalsed võimalused võivad muuta olemasolevaid hariduslikke lähenemisviise (Baidoo-Anu & Ansah, 2023). Kuigi mõned õpetajad on väljendanud muret ning jahedat suhtumist ChatGPT integreerimist haridusse, leidub siiski õpetajaid, kes toetavad ChatGPT kaasamist õppetöösse (Kasneci, et al., 2023). Kim ja Adlof (2024) rõhutavad, et õpetajad peaksid kasutama ChatGPT-d pigem vahendina kui eesmärgina konstruktivistliku õpikeskkonna loomisel.

Dao (2023) rõhutab, et suurte keelemudelite kasutamine hariduses on tõhus, nagu näitab 2023. aastal Vietnamis läbi viidud uuring. Selles uuringus võrreldi Vietnami õpetajate ja õpilaste jaoks kõige sobivamaid (õpetamisel ning õppimisel) keelemudeleid ChatGPT, BingChat ja Google Bard, kasutades selleks VNHSGE (*VietNameese High School Graduation Examination*) andmekogumit, mis hõlmas 300 kirjanduslikku esseed ja 19 000 valikvastustega küsimust. Tulemused näitasid (joonis 3), et kirjanduses toimib ChatGPT paremini kui BingChat ja Google Bard. Samas inglise keele õppes paistis silma BingChat ja matemaatikas olid nii ChatGPT kui BingChat edukamad kui Google Bard. Füüsikas olid kõigi kolme mudeli tulemused võrreldavad.



Joonis 3. Keelemudelite toimivuse võrdlev analüüs, VNHSGE andmekogumis (Dao, 2023, lk 3)

Keelemudelitel on potentsiaal toetada meditsiinilist haridust (Kung, et al., 2023), toetada õppimist õigusteadustes (Choi, et al., 2023), aidata akadeemiliste tööde kirjutamisel ning pakkuda uusi õppimise eesmärke (Zhai, 2022).

Varasemad uuringud on samuti uurinud keelemudelite kasutuse eeliseid, piiranguid ja väljakutseid hariduses. Need rõhutavad hästi määratletud strateegiate, kriitilise mõtlemise oskuste (Kasneci, et al., 2023), eetiliste kaalutluste (Baidoo-Anu & Ansah, 2023) ning privaatsuse (Tlili, et al., 2023) tähtsust. Samuti käsitletakse muresid akadeemilise aususe ja privaatsuse rikkumiste osas (Dao, 2023).

#### **1.4 Varasemad uurimused keelemudelite kasutamisest matemaatikas**

Haridustehnoloogiate kasutamine, mis hõlmavad masinõppe elemente, muutub insenerihariduses üha tavalisemaks ning on olulisel kohal ka matemaatikaõpetuses (Vintere, et al., 2024). Üks paljutootav areng selles valdkonnas on tehnoloogia nagu keelemudeli ChatGPT kasutamine (Wardat, et al., 2023) ja selle kohta on ilmunud juba ka mõningaid uurimusi matemaatikas.

Järgnev lõik on Yavus (2024) allika põhjal, kus selgitatakse, et ChatGPT on loodud tehisintellekti keelemudelina, mille ülesandeks on töödelda ja genereerida loomuliku keele vastuseid viisil, mis kõlavad nagu inimese kirjutatud. Täiuslikud matemaatilised arvutused nõuavad aga suurt täpsust ja keeruliste tehete kiiret täitmist. Kuigi tehisintellekti mudelid, nagu ChatGPT, suudavad teha matemaatilisi arvutusi, ei pruugi need alati olla nii täpsed või tõhusad kui spetsiaalne matemaatikatarkvara või riistvara. Lisaks on ChatGPT esmane eesmärk jäljendada inimlikke vestlusi, mis hõlmavad sageli enam kui lihtsalt faktilise teabe esitamist. Vestlused võivad sisaldada huumorit, sarkasmi, emotsioone ja muid inimlikke jooni, mida matemaatilised arvutused ei kajasta (Yavuz, 2024).

Wardat jt (2023) uurimuses analüüsiti ChatGPT poolt genereeritud võrrandite lahendusi ja leiti, et kuigi ChatGPT suudab lahendada matemaatilisi võrrandeid, sõltub selle lahenduste täpsus ja tõhusus mitmest tegurist, sealhulgas võrrandi keerukusest ja sisendandmete täpsusest. Autorid (Wardat et al., 2023) soovivad seepärast kasutada ChatGPT-d ettevaatlikult ja kontrollida tulemuste täpsust täiendavate allikate abil.

Moore (2023) küsitles õpetajaid selgitamaks nende arvamusi ChatGPT kasutusvõimaluste kohta matemaatikas. Õpetajad töid välja esimesena individuaalse õppeplaneerimise, kus AI abil saab õpetaja luua õpilaste huvidele vastava õpikeskkonna, leides seoseid õppematerjali ja õpilase isiklike huvide vahel. Teiseks nimetati õppematerjalide genereerimist, kus ChatGPT

abil saab kiiresti ja tõhusalt luua mitmekesiseid õppematerjale, alates lihtsatest küsimustest kuni keerukate ülesanneteni, mis vastavad õppekava nõuetele. Ning kolmandaks õppeprotsessi toetamist, kus AI-tööriist aitab õpetajal kohandada õpet õpilase individuaalsete vajaduste järgi, pakkudes erineva raskusastmega ülesandeid ja toetades probleemipõhist õpet (Moore, 2023).

Wardat jt (2023) selgitavad oma uuringu tulemustes, et ChatGPT vastuste täpsus on tõhusa kasutuselevõtu jaoks ülioluline. Kuigi enamik nende uuringus osalenud õpilastest hindas, et ChatGPT püüab pakkuda täpseid ja kasulikke vastuseid, võivad sellel, nagu igal tehnoloogial, olla piirangud, mistõttu võivad vastused aeg-ajalt olla valed või mittetäielikud. Wardat jt (2023) lisavad, et kuigi ChatGPT-ga saab küll rääkida matemaatikast, puudub tal sügavam arusaam sellest. ChatGPT täpsus sõltub mitmest tegurist, sealhulgas kasutaja sisendi ehk viiba<sup>1</sup> täpsusest, küsimuse või teema keerukusest ning asjakohasusest. Seetõttu toonitavad Wardat jt (2023), et ChatGPT-d kasutades on oluline arvestada konkreetse kontekstiga ja kontrollida genereeritud vastuseid teiste allikate kaudu, et tagada nende täpsus ja usaldusvärsus.

ChatGPT-ga saab küll rääkida matemaatikast, kuid tal puudub sellest sügavam arusaam (Wardat, et al., 2023). Rane (2023) uuring käsitleb ChatGPT võimet aidata õpilasi erinevates matemaatika valdkondades, nagu algebra ja geomeetria, analüüsides õpetajate ja õpilaste tagasisidet. Uuringu tulemused näitavad, et kuigi ChatGPT suudab pakkuda kasulikke lahendusi ja selgitusi, esineb väljakutseid, näiteks täpsete matemaatiliste jooniste koostamine ja loogiliste selgituste andmine. Tabelis 1 on esitatud Rane (2023) ja teiste autorite uuringute tulemused, mis käsitlevad ChatGPT rolli ja väljakutseid matemaatika eri valdkondades, sealhulgas selle potentsiaali ja piiranguid õpilaste matemaatilise mõtlemise arendamisel.

Tabel 1. ChatGPT roll ja väljakutsed erinevates matemaatika valdkondades (Rane, 2023, lk 6)

	<b>Teema</b>	<b>ChatGPT roll</b>	<b>Väljakutsed</b>
1	Algebra	Aitab algebraliste võrrandite lahendamisel, kontseptide selgitamisel ja samm-sammult lahenduste pakkumisel.	Erinevate probleemivormingute tõlgendamist ja erinevate kasutaja sisendite stiilide arvestamist.
2	Arvutamine	Aitab arvutuse probleemide lahendamisel, diferentseerimisel, integreerimisel ja keeruliste arvutuse kontseptide selgitamisel.	Keeruliste sümbolsete väljendite haldamist ja täpsete matemaatiliste selgituste genereerimist, mis oleksid kasutajatele arusaadavad.
3	Geomeetria	Aitab geomeetriliste probleemide lahendamisel, teoreemide selgitamisel ning geomeetriliste kujundite ja nende omaduste visualiseerimisel.	Täpsete geomeetriliste jooniste ja loogiliste tõendite tõlgendamisel ja genereerimisel, tagades täpsuse.

<sup>1</sup> Sisendeid nimetatakse "viipadeks", mis koosnevad põhiliselt käskudest, mis annavad juhiseid või näiteid ülesande edukaks täitmiseks (OpenAI, 2023).

4	Statistika	Aitab toetada statistilist analüüsi, selgitada statistilisi kontseptide ja tõlgendada andmestikke, aidates andmepõhiste otsuste tegemisel.	Ulatuslike andmestike haldamist, kontekstispetsiifiliste statistiliste meetodite mõistmist ja täpsete tõlgenduste tagamist, et rahuldada kasutajate vajadusi.
5	Trigonomeetria	Aitab trigonomeetriliste probleemide lahendamisel, trigonomeetriliste funktsioonide selgitamisel ja erinevate trigonomeetriliste võrrandite lahendamisel.	Arvukate trigonomeetriliste identiteetide ja võrrandite käsitlemist ning täpsete ja konteksti sobivate lahenduste tagamist.
6	Arvuteooria	Aitab arvuteooria kontseptide, algarvude jagamise ning arvudega seotud probleemide ja teoreemide lahendamisel.	Suurte arvude haldamist, täpsete algarvude jagamise genereerimist ja keeruliste arvuteooria teoreemide mõistmist.
7	Lineaaralgebra	Aitab lineaarvõrrandite süsteemide lahendamisel, maatriksite operatsioonide tegemisel ja abstraktsete lineaarsete transformatsioonide selgitamisel.	Erinevate maatriksite dimensioonide käsitlemist, täpsete maatriksarvutuste tagamist ja keeruliste lineaaralgebra kontseptide selgitamist arusaadaval viisil.
8	Diferentsiaalvõrrandid	Aitab tavapäraste diferentsiaalvõrrandite lahendamisel, lahendusmeetodite selgitamisel ja lahenduste visualiseerimisel erinevates olukordades.	Erinevate diferentsiaalvõrrandite tüüpide käsitlemist, piirtingimuste mõistmist ning lahenduste täpsuse ja rakendatavuse tagamist.

Samal arvamusel on ka Moore (2023), kes rõhutab, et kuigi AI on võimas tööriist, ei saa see asendada õpetajat. Õpetaja roll on kriitiline, et kohandada tehisintellekti loodud materjal õpilaste vajadustele, ning ChatGPT tõhus kasutamine nõuab õpetajalt head otsustusvõimet, mida ja kuidas kasutada, ning laiemat teadlikkust õpetamise metoodikast.

## 2. Metoodika

Käesolev magistritöö kasutab kombineeritud uurimismeetodit, mis hõlmab nii kvantitatiivseid kui ka kvalitatiivseid meetodeid (Õunapuu, 2014). Uuringu eesmärgiks oli välja selgitada, millised erinevused on riigieksami ülesannete ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete lahenduste tulemustes ning kuidas hindavad õpilased ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete selgust ja kasulikkust.

### 2.1 Valim

Valimi moodustasid kahe Lääne-Virumaa gümnaasiumi 11. klassi õpilased. Esimesest koolist, mis asub linnapiirkonnas, osales 15 õpilast (7 poissi ja 8 tüdrukut), ning teisest koolist, mis paikneb maapiirkonnas, osales 11 õpilast (4 poissi ja 7 tüdrukut). Uuringus osales kokku 26 õpilast (nende hulgas ei olnud hariduslike erivajadusega õpilasi), kes kõik õppisid matemaatikat kitsa kursuse ainekava järgi, mis tagas nende ühtlase tausta ja võrreldavad teadmised uuritavas valdkonnas.

### 2.2 Andmekogumine

Andmete kogumiseks valiti esmalt neli riigieksami ülesannet (Haridus- ja Noorteamet, 2020; Haridus- ja Noorteamet, 2022), mida õpilased lahendasid kahes etapis. Esimeses etapis lahendasid õpilased algsed eksamiülesanded (lisa 1), teises etapis aga nende ülesannete ChatGPT poolt ümber sõnastatud verisooned (lisa 2). Ülesannete lahendamiseks oli õpilastel aega üks õppetund. Ülesannete lahendused olid paberkandjal. Ülesandeid hinnati vastavalt matemaatika riigieksami hindamisjuhendite kriteeriumidele. Ülesannete tulemused sisestati tabelprogrammi *Microsoft Office Excel*.

Teiseks andmete kogumiseks kasutati poolstruktureeritud küsitlust, mis koosnes nii valikvastuste kui ka avatud küsimustest. (lisa 3). Küsitlus koostati veebikeskkonnas *Google Forms*.

### 2.3 Uurimisprotsess

Uurimisprotsess jagunes kolmeks peamiseks etapiks. Esmalt valis autor matemaatika riigieksami kitsa kursuse ülesannete hulgast neli tekstülesannet, mille teksti sisu sisaldas teemasid, mis olid õpilastel uuringu perioodiks omandatud (kiirus/aeg/teepikkus, võrrandisüsteem, aritmeetiline jada ning tõenäosus). Tekstülesannete tekstid nendes ülesannetes pidi vastama elulistele situatsioonidele. Autor valis tekstid, mis sisaldasid võõrsõnu

(näiteks *duatlon*, tariif jms), matemaatilisi termineid (keskmine, sektor jms), küsilauseid, jutustavaid lauseid ning vähemalt ühte joonist.

Töö autor on matemaatikaõpetaja ning vastavalt magistritöö eesmärgile katsetas autor tekstülesannete ümbersõnastamist keelemudeli ChatGPT-3.5'ga. Ümbersõnastamine oli omaette protsess. Katsetati erinevaid lähenemisi ja märksõnu (ehk viipasid), millega keelemudel ChatGPT vastavaid ülesandeid sõnastas. Üldine eesmärk oli lihtsustada tekstülesannete tekst arusaadavamaks (võõrsõnad lahti seletada, matemaatiline sõnavara samuti arusaadavamaks). Ümbersõnastatud variante oli mitmeid, valiku tegi töö autor tuginedes oma kogemustele.

Järgmises etapis toimus valimisse kuulunud õpilastel ülesannete lahendamine. I osa ülesandeid (lisa 1) lahendati ajavahemikus: 13.05 – 17.05.2024 ning II osa ülesandeid (lisa 2) lahendati ajavahemikus: 20.05 – 25.05.2024. Peale II osa ülesannete lahendamist, jagati õpilastele küsitluse link (lisa 3). Küsitlus avati ja täideti oma nutiseadmes.

Ülesannete lehed sisaldasid üksikasjalikku informatsiooni nii uuringu kui ka ülesannete kohta, et tagada õpilaste selge arusaamine nende rollist. Informatiivse selgituse töölehtedel koostas ja sõnastas keelemudel ChatGPT. Ülesanded oli prinditud A4 paberitele, õpilaste lahendused paberikandjal (lisa 1, lisa 2).

Enne uuringu algust teavitati kõigi õpilaste vanemaid eKooli ja Studium suhtluse kaudu õpilaste võimalusest osaleda uuringus (lisa 4). Teavituses rõhutati, et uuring on täiesti anonüümne ja vabatahtlik. Samuti selgitati, et uuring viiakse läbi matemaatika tunni raames matemaatikaõpetaja nõusolekul ning, et õpilaste osalemine ei mõjuta nende õpitulemusi.

## **2.4 Andmeanalüüs**

Andmete töötlemiseks sisestati ja korrastati kogutud andmed *MS Exceli* programmis. See hõlmas nii õpilaste paberikandjal lahenduste tulemuste sisestamist kui ka küsitluse vastuste kodeerimist. Analüüsiks viidi andmed üle andmetöötlusprogrammi *JASP* 0.19.0.0. Statistilise analüüsi läbiviimiseks kasutati *JASP* programmis kirjeldavat statistikat, kus arvutati ülesannete lahenduste keskmised tulemused ja standardhälbed nii originaal- kui ka ümber sõnastatud ülesannete puhul. Kuna tunnused polnud normaaljaotusega, siis järgmisena viidi läbi mitteparameetriline *Wilcoxon* test, et hinnata, kas esines statistiliselt olulisi erinevusi eksamiülesannete ja ChatGPT poolt ümber sõnastatud ülesannete lahenduste vahel. Lisaks kasutati *JASP* programmis hii-ruut testi, et analüüsida seoseid kvalitatiivsete tunnuste vahel.

### 3. Tulemused

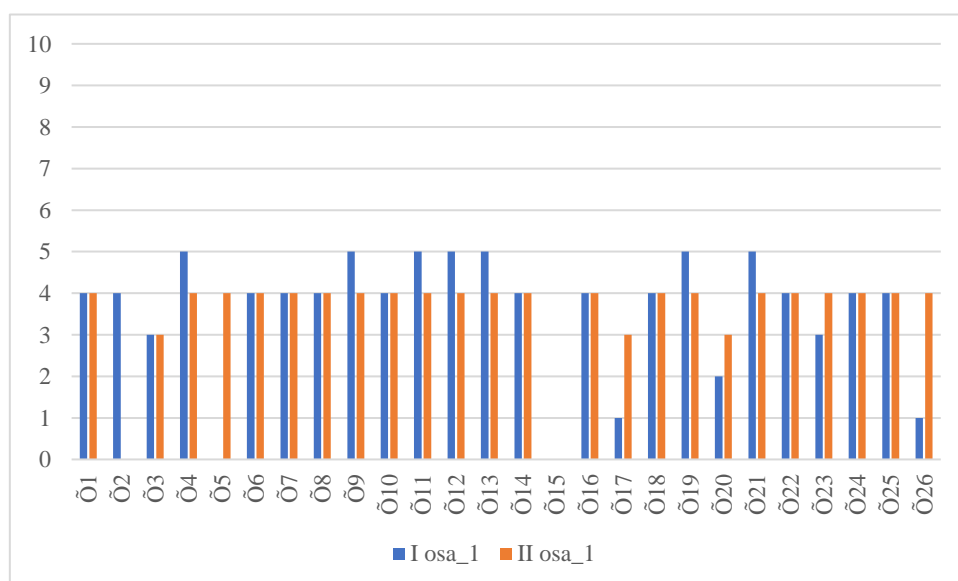
#### 3.1 Riigieksami ülesannete ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete tulemuste erinevus

Õpilased lahendasid kokku kaheksa tekstülesannet, kahes erinevas sõnastuses ning kahes osas. I osas lahendati matemaatika riigieksami neli ülesannet (lisa 1) ning II osas nende ülesannete ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesandeid (lisa 2).

##### 3.1.1 Esimese ülesande tulemused

Esimene ülesanne oli 2020. aasta matemaatika riigieksami kitsa kursuse ülesanne (lisa 1). Ülesanne eeldab kiirusvalemi tundmist, võõrsõna *duatlon* mõistmist, matemaatiliste terminite nagu „võrra väiksem“, „poole tunniga“ jms tundmist ning teksti funktsionaalset lugemisostkust. Autori kogemustest lähtuvalt ollakse tihti raskustes liikumisülesannetega, sellest ka antud ülesande valik, et uurida, kas ümbersõnastatud ülesande tekst lihtsustab originaaltekstiga ülesandes raskustesse sattunud õpilasel ülesannet lahendada. Autor kasutas ülesannete ümbersõnastamisel ChatGPT-d, et muuta ülesanded õpilastele arusaadavamaks, samuti lisati ümbersõnastatud ülesannetele ChatGPT poolt loodud vihjed ülesannete lihtsamaks lahendamiseks (lisa 2).

Ülesande võimalik maksimaalne punktisumma mõlemas osas oli 10 punkti. Kõrgeim tulemus I osas oli 5 punkti, mille saavutas 7 õpilast ning II osas maksimaalselt 4 punkti, mille saavutas 21 õpilast (joonis 4). Kõige madalam tulemus oli 0 punkti. Mõned õpilased saavutasid erinevad tulemused I ja II osas, näiteks õpilane Õ5 sai I osas 0 punkti, kuid II osas 4 punkti.



Joonis 4. Esimese ülesande I ja II osa tulemused

Võrreldes esimese ülesande I osa ja II osa keskmisi tulemusi (tabel 2), on need mõlemal juhul 3,577 punkti ja ka *Wilcoxon*i testi tulemus ei näidanud statistiliselt olulist erinevust I osa ja II osa tulemuste vahel.

Tabel 2. Eksamiülesannete ja ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete lahenduste võrdlus

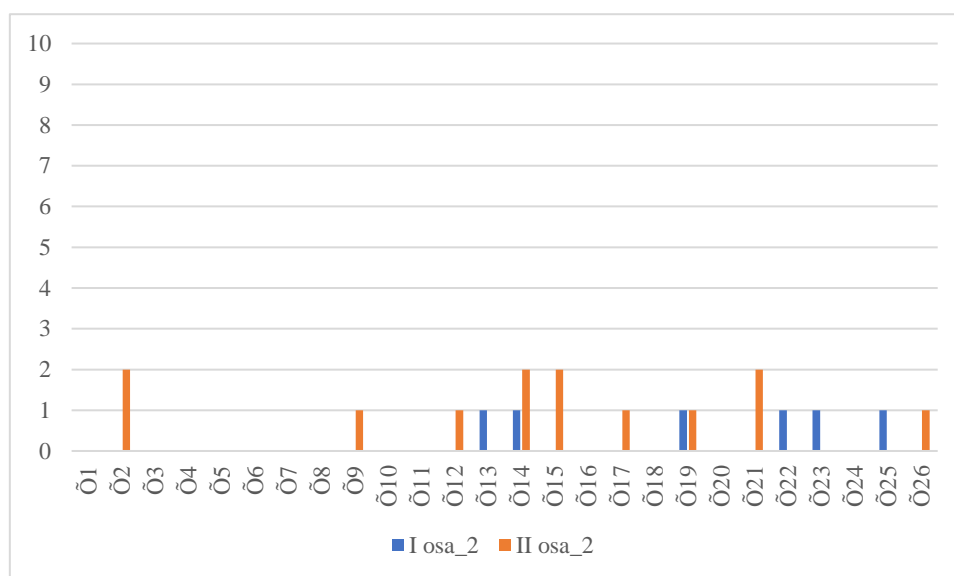
	N	M	SD	W	Z	p
I osa_1	26	3,577	1,528	47,500	0,140	0,913
II osa_1	26	3,577	1,102			

*N* – vastajate arv; *M* – aritmeetiline keskmine; *SD* – standardhälve

### 3.1.2 Teise ülesande tulemused

Teine ülesanne oli 2022. aasta matemaatika riigieksami kitsa kursuse ülesanne (lisa 1). Ülesanne käsitleb elektrienergia tarbimist, kasutades spetsiifilisi mõisteid nagu "päeva- ja öötariif" ning "kilovatt-tund". Ülesande lahendamiseks on vaja rakendada matemaatilisi oskusi, nagu võrrandite koostamist ja lahendamist, proportsioonide arvestamist ning teisendada rahaühikuid. Autor muutis ülesannet ChatGPT abil kolm korda. Kahel korral pakkus ChatGPT välja ka ülesande lahendused, mida autor ei soovinud. Autor soovis pigem saada suunavaid vihjeid, mis aitaksid lahenduseni jõuda, kuid ei paljastaks kogu lahendust (lisa 2).

Ülesande võimalik maksimaalne punktisumma mõlemas osas oli 10 punkti. Kõrgeim tulemus oli selle ülesande puhul I osas 1 punkt, mille saavutas 6 õpilast ning II osas maksimaalselt 2 punkti, mille saavutas 4 õpilast (joonis 5). Kõige madalam tulemus oli 0 punkti. Mitmed õpilased saavutasid II osas paremaid tulemusi, kui I osas.



Joonis 5. Teise ülesande I ja II osa tulemused

Kuigi selle ülesande puhul aritmeetiline keskmine on II osal mõnevõrra suurem, siis võrreldes I ja II osa keskmisi tulemusi *Wilcoxon*i testiga, ei ilmne statistiliselt olulist erinevust kahe osa tulemuste vahel (tabel 3).

Tabel 3. Eksamiülesannete ja ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete lahenduste võrdlus

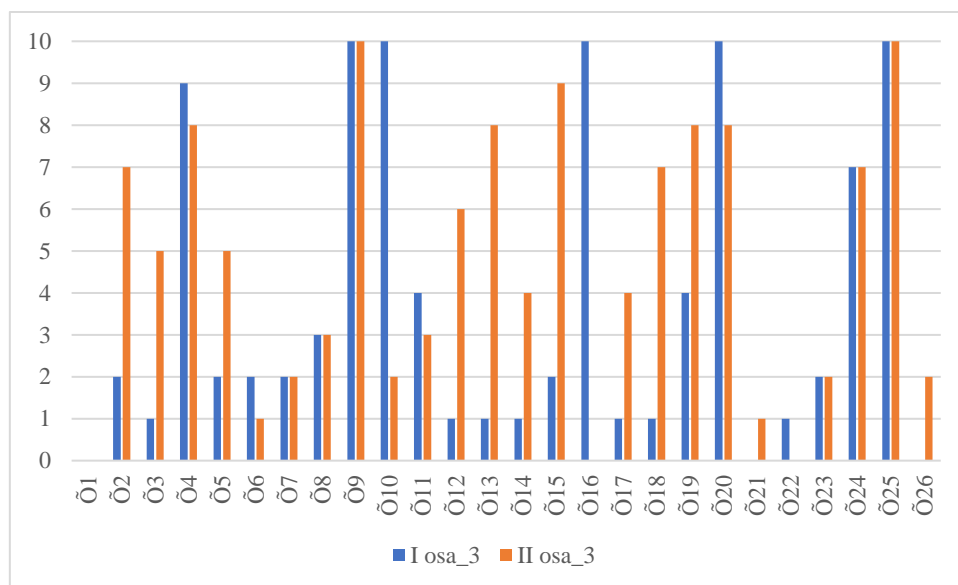
	N	M	SD	W	Z	P
I osa_2	26	0,231	0,430	20,000	-1,490	0,127
II osa_2	26	0,500	0,762			

*N* – vastajate arv; *M* – aritmeetiline keskmine; *SD* – standardhälve

### 3.1.3 Kolmanda ülesande tulemused

Kolmas ülesanne oli 2022. aasta matemaatika riigieksami kitsa kursuse ülesanne (lisa 1). Ülesanne käsitleb mängu punktiseisu arvestamist, kasutades mõisteid "õnnestunud käik", "ebaõnnestunud käik" ja "punkt". Ülesande lahendamiseks on vaja rakendada matemaatilisi oskusi, nagu aritmeetilise jada mõistmist ja rakendamist ning võrrandite koostamist ja lahendamist. Lisaks nõuab ülesanne analüüsioskust, et arvutada punktiseisu muutumist. Autor palus ChatGPT-l luua ümbersõnastatud versioon, mis põhineks kahel varasemal ümbersõnastatud variandil. Lisaks sooviti, et ChatGPT lisaks suunavaid vihjeid, mis aitaksid lahenduseni jõuda (lisa 2).

Ülesande võimalik maksimaalne punktisumma mõlemas osas oli 10 punkti. Kõrgeim tulemus I osas 10 punkt, mille saavutas 5 õpilast ning II osas maksimaalselt 10 punkti, mille saavutas 2 õpilast (joonis 6). Kõige madalam tulemus oli 0 punkti.



Joonis 6. Kolmanda ülesande I ja II osa tulemused

Kolmanda ülesande puhul aritmeetiline keskmine on II osal veidi suurem, siis võrreldes I osa ja II osa keskmisi *Wilcoxon*i testi tulemustega, ei ilmne statistiliselt olulist erinevust kahe osa tulemuste vahel (tabel 4).

Tabel 4. Eksamiülesannete ja ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete lahenduste võrdlus

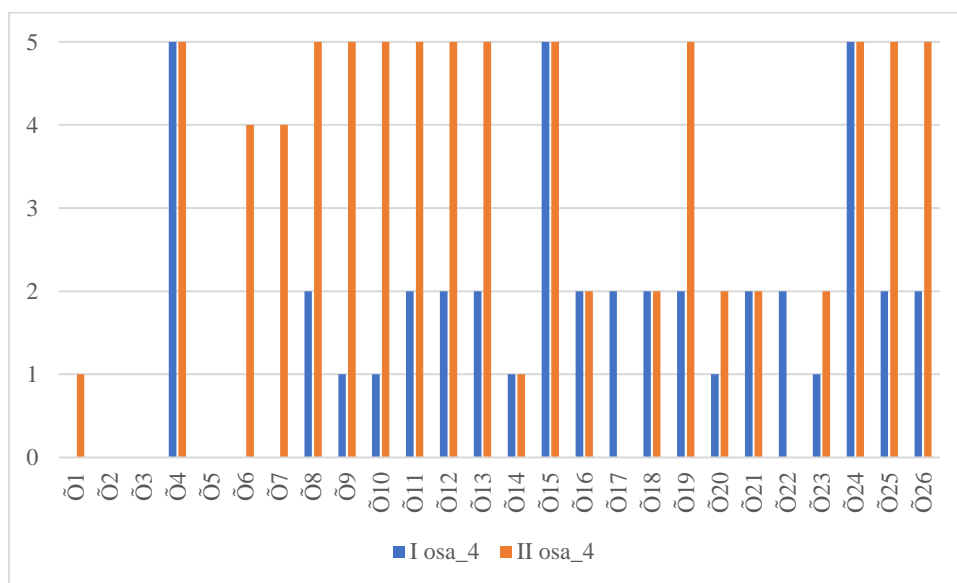
	N	M	SD	W	Z	p
I osa_3	26	3,692	3,728	55,500	-1,590	0,116
II osa_3	26	4,692	3,259			

*N* – vastajate arv; *M* – aritmeetiline keskmine; *SD* – standardhälve

### 3.1.4 Neljanda ülesande tulemused

Neljas ülesanne oli 2022. aasta matemaatika riigieksami kitsa kursuse ülesanne (lisa 1). Antud ülesanne käsitleb tõeäosuse arvutamist, kasutades mõisteid nagu "sektor", ja "tõeäosus". Ülesande lahendamiseks on vaja rakendada matemaatilisi oskusi, nagu tõeäosuse arvutamist, kombinatorika rakendamist ning loogilist analüüsi. Autor lasi ChatGPT-l ülesande ümbersõnastada võttes aluseks juba eelnevalt ümbersõnastatud ülesandeid (lisa 2).

Ülesande võimalik maksimaalne punktisumma mõlemas osas oli 5 punkti. Kõrgeim tulemus I osas 5 punkt, mille saavutas 3 õpilast ning II osas samuti 5 punkti, mille saavutas 12 õpilast (joonis 7). Kõige madalam tulemus oli 0 punkti.



Joonis 7. Neljanda ülesande I ja II osa tulemused

Neljanda ülesande I ja II osa keskmiste vahel on märkimisväärne erinevus, mis viitab oluliselt paremale sooritusele II osas. *Wilcoxon*i testi tulemused kinnitavad statistiliselt olulist erinevust kahe osa vahel.

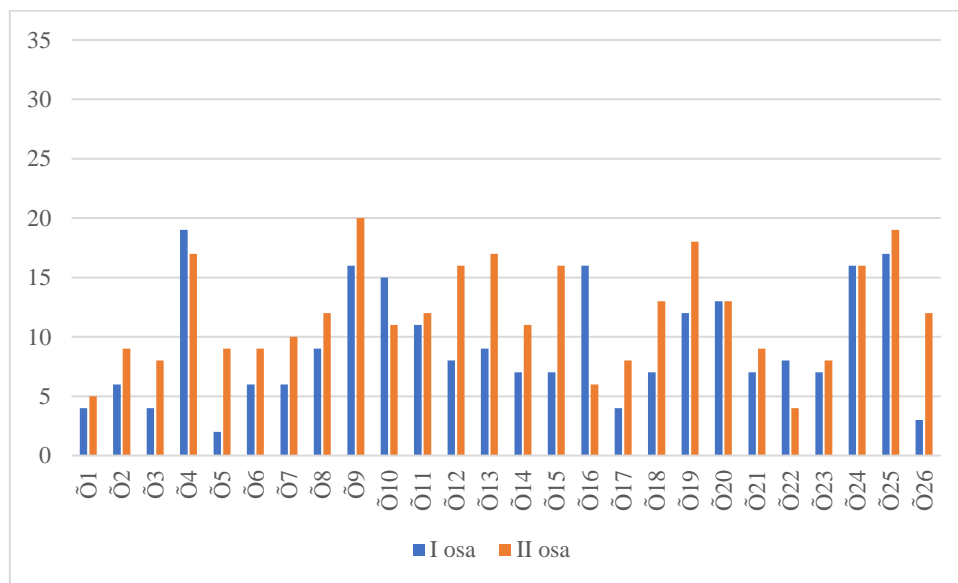
Tabel 5. Eksamiülesannete ja ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete lahenduste võrdlus

	N	M	SD	W	Z	p
I osa_4	26	1,692	1,463	9,000	-3,051	0,002
II osa_4	26	3,077	2,077			

*N* – vastajate arv; *M* – aritmeetiline keskmine; *SD* – standardhälve

### 3.1.5 Kokkuvõtvad tulemused

Järgnevalt on toodud kõigi nelja ülesande kokkuvõtlikud tulemused I ja II osas. Kõigi nelja ülesande võimalik maksimaalne punktisumma mõlemas osas oli 35 punkti. I osa kõrgeim tulemus oli 19 punkti, mille saavutas üks õpilane, ning madalaim tulemus oli 2 punkti ühel õpilasel. II osa kõrgeim tulemus oli 20 punkti, mille saavutas üks õpilane, ning madalaim tulemus oli 4 punkti ühel õpilasel (joonis 8).



Joonis 8. Kõigi ülesannete tulemused kokku

*Wilcoxon*i testi tulemus näitab, et I ja II osa tulemuste vahel on statistiliselt oluline erinevus (tabel 6). Statistiliselt enam punkte saadi II osas.

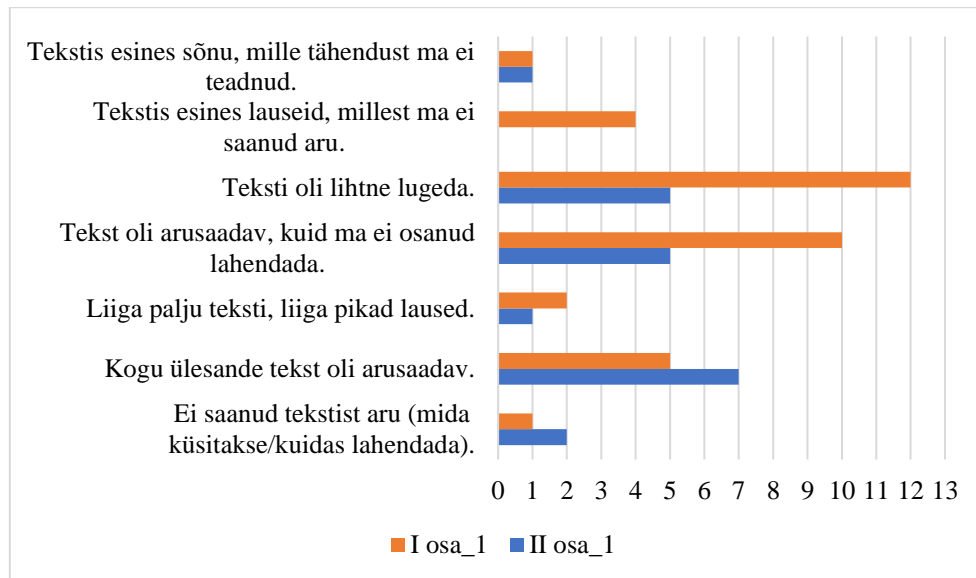
Tabel 6. ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete mõju õpilaste kokkuvõtvale sooritusele

	N	M	SD	W	z	p
Kokku I osa	26	9,192	4,833	55,000	-2,714	0,007
Kokku II osa	26	11,846	4,415			

*N* – vastajate arv; *M* – aritmeetiline keskmine; *SD* – standardhälve

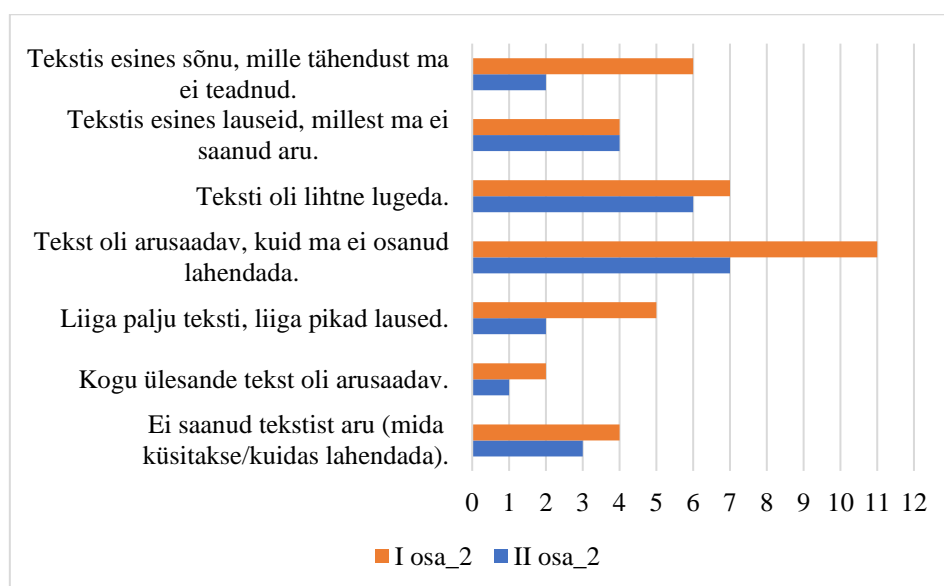
### 3.2 Õpilaste hinnangud tekstülesannete I ja II osa arusaadavusele

Esimeses ülesandes umbes pooled leidsid, et I osa tekst oli lihtne lugeda, kuid arusaadavusest hoolimata ei osanud nad ülesannet lahendada. Mõned õpilasele ei mõistnud ülesandes esinenud lauseid, kuid ChatGPT ümbersõnastatud versioonis seda probleemi ei esinenud (joonis 9). II osa puhul aitasid vihjed 7 õpilast, kuid 8 õpilast pidasid neid segadusttekitavaks.



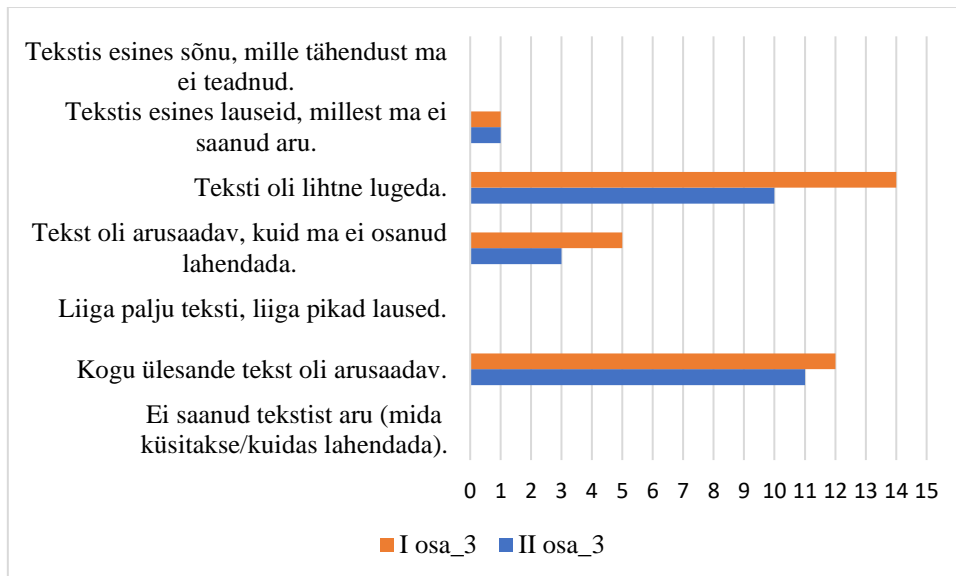
Joonis 9. Õpilaste hinnangud esimese ülesande I ja II osa sõnastuse arusaadavusele

Teise ülesande puhul märkisid paljud õpilased, et I osa tekst oli arusaadav, kuid nad ei osanud siiski ülesannet lahendada. II osas mõistsid õpilased sõnade tähendusi paremini, kuid mõningaid lauseid ei mõistetud (joonis 10). Vihjetest olid II osas abi 2 õpilasele, kuid 8 õpilast leidis, et need tekitasid segadust.



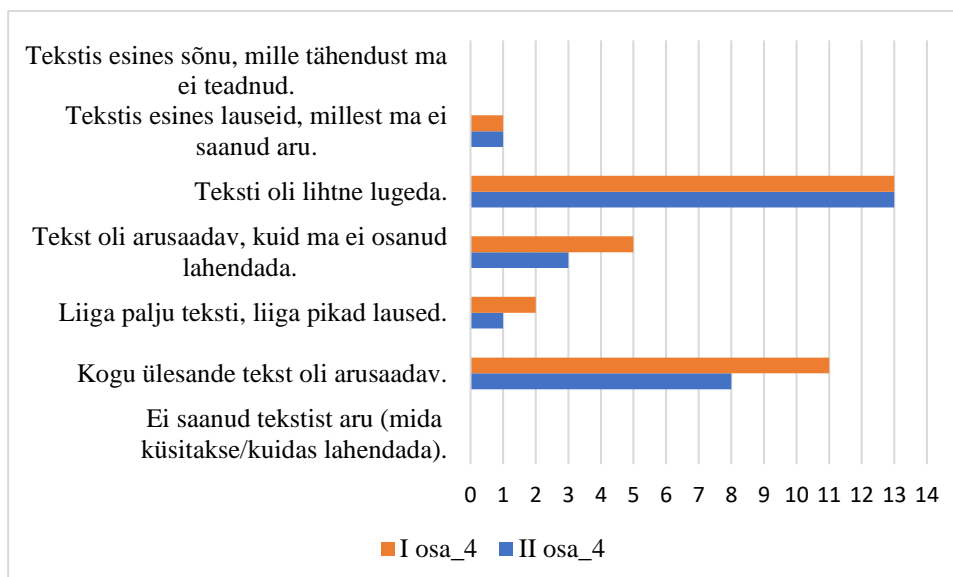
Joonis 10. Õpilaste hinnangud teise ülesande I ja II osa sõnastuse arusaadavusele

Kolmanda ülesande I osas märkisid veidi üle poole õpilastest, et teksti oli lihtsasti loetav, ning veidi alla poole õpilaste hinnangul oli kogu tekst ka hästi arusaadav. Sarnased tulemused ilmnesisid ka II osas (joonis 11). Vihjed II osas märgiti 5 õpilase poolt abistavaks, kuid sama palju õpilasi leidis samas, et vihjed tekitasid segadust.



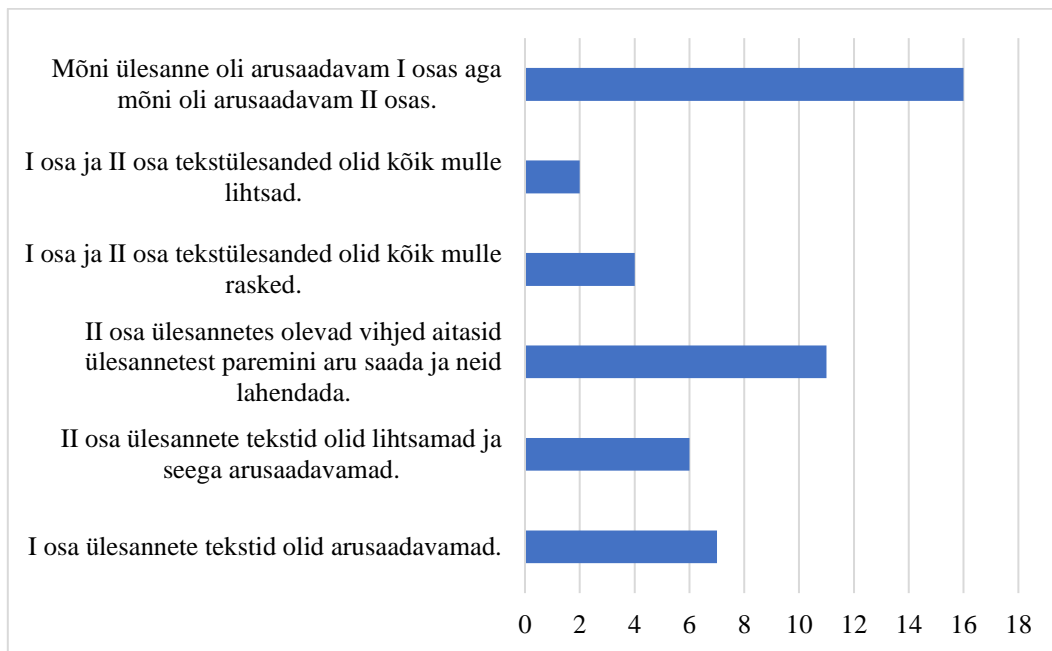
Joonis 11. Õpilaste hinnangud kolmanda ülesande I ja II osa sõnastuse arusaadavusele

Uuringus osalenud õpilastest täpselt pooled neljanda ülesande puhul, nii I kui ka II osas, märkisid, et teksti oli lihtne lugeda. Samas leidis ligikaudu pool õpilastest, et I osa tekst oli arusaadav (joonis 12). II osa leiti lisaks, et vihjed põhjustasid pigem segadust 6 õpilase hinnangul, samas kui vaid 2 õpilast pidas vihjeid abiks.



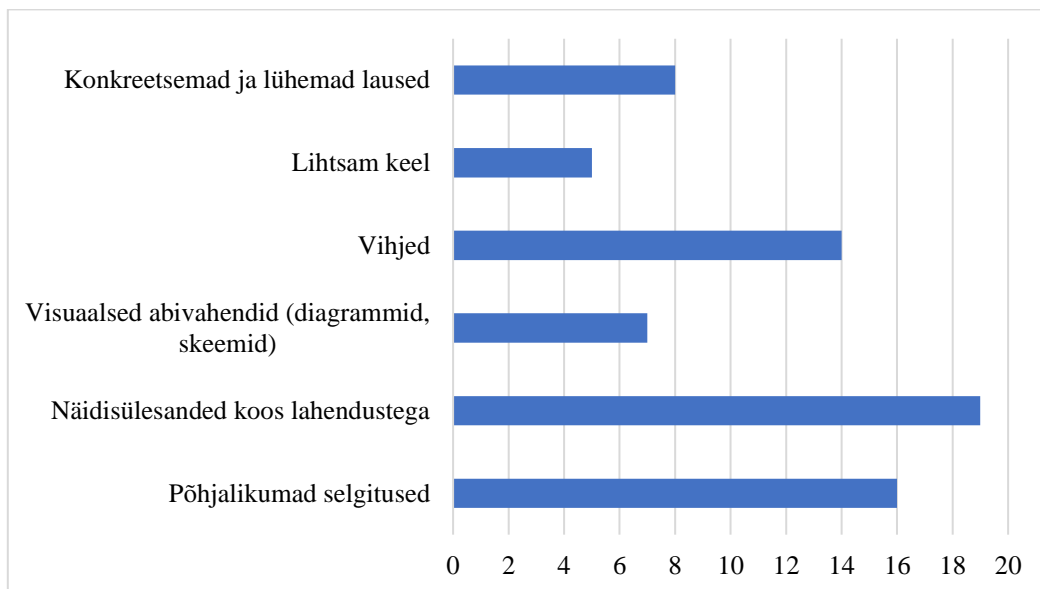
Joonis 12. Õpilaste hinnangud neljanda ülesande I ja II osa sõnastuse arusaadavusele

Kokkuvõtvalt märkis üle poolte õpilastest, et mõni ülesanne oli arusaadavam I osas, samas kui mõni teine ülesanne oli arusaadavam II osas (joonis 13). Samas oli ka neid, kelle hinnangul olid arusaadavamad I osa ja neid, kelle jaoks olid arusaadavamad II osa ülesanded.



Joonis 13. kokkuvõtlik I ja II osa ülesannete tekstisõnastuste võrdlus

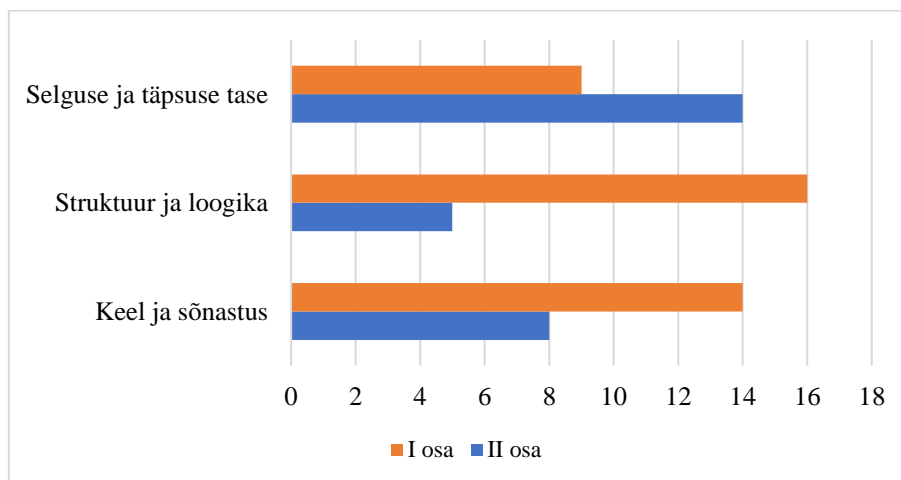
Üle poolte õpilasest märkis tekstülesannete paremaks arusaamiseks eelkõige näidisülesandeid koos lahendustega (joonis 14). Samuti märgiti oluliseks põhjalikumad selgitused ning vihjed.



Joonis 14. Õpilaste hinnangud, mis aitaksid tekstülesannetest paremini aru saada

I osa ülesannete tekstis märgiti struktuuri ja loogikat kõige paremaks aspektiks, samuti hinnati kõrgelt keelt ja sõnastust. II osa puhul tõsteti esile selgust ja täpsust (joonis 15). Hii-ruut testide

tulemused näitasid, et keele ja sõnastuse aspektides ( $x^2 = 1,242, p = 0,265$ ) ei esinenud statistiliselt olulist erinevust. Küll aga ilmnisid struktuuri ( $x^2 = 4,513, p = 0,034$ ) ja selguse-täpsuse ( $x^2 = 10,115, p = 0,001$ ) hindamises olulised erinevused I ja II osa hinnangute jaotuse vahel. Õppijad, kes hindasid I osas neid aspekte kõrgemalt, hindasid samu aspekte II osas madalamalt ja vastupidi.



Joonis 15. Õpilaste hinnangud I ja II osa ülesannete teksti aspektidele

## 4. Arutelu

Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada, kuivõrd ChatGPT abil ümbersõnastatud matemaatika tekstülesanded aitavad lihtsustada õpilaste jaoks keeruliste matemaatiliste tekstülesannete mõistmist ja lahendamist ning parandada õpilaste õpitulemusi. Selleks püstitati kaks uurimisküsimust. Arutelu on üles ehitatud nende küsimuste baasil.

Esimese uurimisküsimuse, millised erinevused on riigieksami ülesannete ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete lahendustulemustele, näitasid, et nii riigieksami, kui ka ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete esimese, teise ja kolmanda ülesande tulemustes statistilist erinevust ei ilmnud, kuid neljandas ülesandes oli statistiliselt oluline erinevus olemas. Ka ülesannete koondpunktid olid ümbersõnastatud ülesannete puhul statistiliselt oluliselt kõrgemad võrreldes riigieksami ülesannete koondpunktidega. Seega võib riigieksami ja ümbersõnastatud ülesannete punktide võrdluse põhjal järeldada, et ümber sõnastatud ülesanded olid õpilastele paremini lahendatavamad.

Vaadates ümbersõnastatud ülesannete teksti ja võrreldes seda riigieksami ülesande omaga võib näha, et ümbersõnastatud ülesannete lauseehitus oli lihtsam, laused lühemad ning mõisted olid selgitatud lihtsamalt ning üksikasjalikumalt, vähenenud oli teksti abstraktsus. Ka Davis-Dorsey jt (1991) uurimus näitab, et tähenduslike seoste selgemaks muutmine, näiteks lihtsama lauseehituse, lühemate lausete ja üksikasjalikumate selgituste kaudu, parandab tekstülesannete mõistmist ja lahendamist, mis on kooskõlas käesoleva uuringu tulemustega. Kuigi ümber sõnastatud ülesande tekst oli pikem, siis see oli antud loeteluna. Kintschi (1994) uurimus keelilise struktuuri mõju kohta näitab, et õpilasi aitab selgem üleseehitus ja paremini organiseeritud struktuur. Seega see võiski muuta ümbersõnastatud ülesanded õpilastele hoolimata pikkusest hõlpsamini jälgitavaks ja lahendatavaks.

Teine uurimisküsimus käsitles õpilaste hinnanguid ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete arusaadavusele ja sõnastuse selgusele võrreldes eksamiülesannetega. Kuigi õpilased hindasid teksti arusaadavaks, ei olnud see alati piisav ülesannete edukaks lahendamiseks ning seda nii riigieksamite kui ka ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete osas. See järeldus on kooskõlas PISA uuringu tulemustega, mis näitavad, et keeruline keel ja konteksti mõistmine on sageli takistuseks õpilastele tekstülesannete lahendamisel (PISA, 2023).

ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannetele oli lisatud vihjeid. Kuigi üksikute ülesannete hinnangutes oli õpilasi, keda vihjed segadusse ajasid, siis kokkuvõttes hinnangus märkisid umbes pooled õpilastest, et vihjed aitasid neil siiski ülesandeid paremini mõista ja lahendada.

Davis-Dorsey jt (1991) uuring näitab, et tekstülesannete ümber sõnastamine selgemate tähenduslike seoste loomiseks parandab nende mõistmis- ja lahendusprotsessi, mis toetab ka käesoleva uuringu tulemusi. Samas toob Krull (2018) välja, et lisateave, kui seda on liiga palju või kui see ei ole piisavalt fokuseeritud, võib õpilastele segadust tekitada, kuna nad ei suuda eristada olulist ebaolulisest. See kajastub ka käesoleva uuringu tulemuses, kus mõned õpilased leidsid, et vihjed pigem segasid neid lahendamisel.

Lisaks tõid uuringu tulemused esile, et riigieksamite ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannete struktuur ja selgus olid õpilaste poolt erinevalt hinnatud. Riigieksami ülesannetes hinnati kõrgelt struktuuri ja loogikat, samas kui ümbersõnastatud ülesannetes hinnati kõrgemalt selgust ja täpsust. Huvitava tulemusena ilmnis, et õpilased, kes hindasid riigieksami ülesannetes struktuuri ja loogikat ning selgust kõrgemalt, hindasid neid aspekte ChatGPT ümbersõnastatud ülesannetes madalamalt ning vastupidi, kuid keele ja sõnastuse osas sellist tendentsi ei ilmnenu. Seega oleks vaja tasakaalustada ülesannete struktuurilist loogikat ja keelelist selgust, et tagada kõigi õpilaste jaoks ühtlane arusaadavus ja lahendatavus. See järeldus on kooskõlas Kintschi (1994) ja Boulet'i (2007) uuringutega, mis rõhutavad, et ülesannete keeleline ja struktuuriline tasakaal on olulise tähtsusega, et toetada õpilaste arusaadavust ja lahendamisvõimet.

Tekstülesannete arusaadavus ei sõltu ainult keelest ja sõnastuse lihtsusest, vaid ka ülesannete struktuurist ja täpsest sõnastusest. Need järeldused on kooskõlas Krulli (2018) ning Ilany ja Margolini (2010) uuringutega, mis rõhutavad, et õpetajate roll ülesannete sõnastamisel ja struktureerimisel on oluline õpilaste matemaatilise mõtlemise ja probleemide lahendamise oskuste toetamisel.

## 5. Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli välja selgitada, kuivõrd ChatGPT abil ümbersõnastatud matemaatika tekstülesanded aitavad lihtsustada õpilaste jaoks keeruliste matemaatiliste tekstülesannete mõistmist ja lahendamist ning parandada õpilaste õpitulemusi. Viidi läbi uuring 26 õpilasega, kus analüüsiti tekstülesannete lahendusi ja õpilaste hinnanguid.

Uuringu põhitulemused näitasid, et kuigi eraldi ülesannete tulemustes statistilist erinevust ei täheldatud, välja arvatud neljanda ülesande puhul, siis kokkuvõtivate tulemuste statistiline erinevus oli riigieksami ülesande ja ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannetel olemas. ChatGPT abil ümber sõnastatud ülesanded olid õpilastele kokkuvõttes arusaadavamad ja lahendamist hõlbustavad, kui eksamiülesanded. Hinnangute põhjal selgus ülesannete teksti arusaadavuse kohta, et enam kui pooled uurimuses osalenud õpilased hindasid mõne ülesande puhul arusaadavaks riigieksami sõnastust ja mõne ülesande puhul ChatGPT poolt ümbersõnastatud ülesannet.

Uuringu tulemustest lähtuvalt võib ChatGPT keelemudelit soovitada õpetajatele õpiraskustega õpilaste toetamiseks, näiteks ülesannete koostamisel. Samuti võib seda soovitada õpilastele iseseisva õppe toetamiseks, keerulisemate sõnastuste lihtsustamisel.

Magistritöö piiranguteks on asjaolu, et uuringus osales vaid 26 õpilast kahest koolist, mis piirab tulemuste üldistatavust. Samuti kasutati uuringus vaid nelja tekstülesannet ning ülesannete järjestus oli selline, et kõigepealt lahendati riigieksami ülesanne ja seejärel ChatGPT poolt ümber sõnastatud ülesanne.

Tulevaste uuringute jaoks soovitatakse uurida, kuidas mõjutab tulemusi see, kui ülesanded lahendatakse teises järjekorras, näiteks esmalt ChatGPT poolt ümber sõnastatud ülesanded ja seejärel originaaltekstiga ülesanded või viia läbi katse- ja kontrollrühmaga eksperiment. Lisaks võiks analüüsida, kuidas tekstistruktuuri muutmine lisaks keele lihtsustamisele mõjutab ülesannete lahendamist. Samuti on oluline laiendada valimit, kaasates rohkem õpilasi erinevatest Eesti koolidest, et suurendada tulemuste üldistatavust. Lisaks sellele võiks veel uurida ka õpilaste lugemisoskuse ja matemaatikaoskuse vahelist suhet ning selle mõju ülesannete lahendamisele.

## Viidatud kirjandus

- Aru, J., Korjus, K., & Saar, E. (2020). *Matemaatika õhtuõpik*.
- Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. O. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI*, 7(1).
- Bloedy-Vinner, H. (1998). The understanding of algebraic language in university preacademic students. *Creative Education*, 1 (3).
- Boulet, G. (2007). How Does Language Impact the Learning of Mathematics? Let Me Count the Ways. *Journal of Teaching and Learning* 5(1).
- Choi, J., Hickman, K., Monahan, A., & Schwarcz, D. (2023). ChatGPT Goes to Law School. *71 Journal of Legal Education* 387 (2022).
- Dao, X.-Q. (2023). Which Large Language Model should You Use in Vietnamese Education: ChatGPT, Bing Chat, or Bard? *Available at SSRN*.
- Davis-Dorsey, J., Ross, S., & Morrison, G. (1991). The Role of Rewording and Context Personalization in the Solving of Mathematical Word Problems. *Journal of Educational Psychology*, 83(1).
- Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. I., Jeyaraj, A., & Kar, A. (2023). "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*. Kasutamise kuupäev: märts 2024. a., allikas <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>
- Farrokhnia, M., Banihashem, S., Noroozi, O., & Wals, A. (2023). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(3).
- Gafoor, A. K., & Kurukkan, A. (2015). Why High School Students Feel Mathematics Difficult? An Exploration of Affective Beliefs. Kasutamise kuupäev: juuli 2024. a., allikas <https://eric.ed.gov/?id=ED560266>
- Gan, W., Qi, Z., Wu, J., & Lin, J.-W. (2023). Large Language Models in Education: Vision and Opportunities. *IEEE International Conference on Big Data*.
- Giannakopoulos, K., Kaklamanos, E. G., & Makrygiannakis, M. A. (2024). Evidence-based potential of generative artificial intelligence large language models in orthodontics: a comparative study of ChatGPT, Google Bard, and Microsoft Bing. *European Journal of Orthodontics*.
- Grimm, K. (2008). Longitudinal Associations Between Reading and Mathematics Achievement. *Department of Psychology*.
- Hadi, M. U., Al-Tashi, Q., Qureshi, R., Shah, A., Muneer, A., Irfan, M., . . . Mirjalili, S. (2023). A Survey on Large Language Models: Applications, Challenges, Limitations, and Practical Usage. Kasutamise kuupäev: juuli 2024. a., allikas <https://www.techrxiv.org/doi/full/10.36227/techrxiv.23589741.v1>

- Haerani, A., Novianingsih, K., & Turmudi, T. (2021). Analysis of students' error in solving mathematical. *Journal of Physics: Conference Series, Volume 1157, Issue 4*. Kasutamise kuupäev: juuli 2024. a., allikas <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1157/4/042084/pdf>
- Haridus- ja Noorteamet. (2020). *Riigiksamid*. Allikas: Kitsa kursuse eksamitöö I osa.
- Haridus- ja Noorteamet. (2022). *Riigiksamid*. Allikas: Kitsa kursuse eksamitöö I ja II osa.
- Ilany, B.-S., & Margolin, B. (2010). Language and Mathematics: Bridging between Natural Language and Mathematical Language in Solving Problems in Mathematic. *Scientific Research Publishing 1(3)*.
- Kalyan, K. S. (2024). A survey of GPT-3 family large language models including ChatGPT and GPT-4. *Natural Language Processing Journal*. Allikas: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949719123000456>
- Kane, R. B. (1970). The readability of mathematics textbooks revisited. *The Mathematics Teacher, 63(7)*, 579-581.
- Kasneji, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., & Fischer, F. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*. Allikas: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1041608023000195?via%3Dihub>
- Kenney, J., Hancewicz, E., Heuer, L., Metsisto, D., & Tuttle, C. (2005). *Literacy Strategies for Improving Mathematics Instruction*.
- Kim, M., & Adlof, L. (2024). Adapting to the Future: ChatGPT as a Means for Supporting Constructivist Learning Environments. *TechTrends 68*, 37–46.
- Kintsch, W. (1994). Text Comprehension, Memory, and Learning. *American Psychologist, 49(4)*.
- Krull, E. (2018). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu.
- Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., Leon, L., & Elepano, C. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLoS digital health, 2(2)*.
- Kängsepp, P. (2015). *Küsimuste kasutamise kui võimalus toetada õpilaste arusaamist loetust*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Langoban, M. (2020). What Makes Mathematics Difficult as a Subject for most Students in Higher. *International Journal of English and Education 9(3)*, 214-220.
- Lepik, M. (1988). Mis muudab tekstülesanded raskeks? *Nõukogude Kool Nr. 2*, lk 22-25. Kasutamise kuupäev: 5. juuli 2024. a., allikas <https://www.digar.ee/arhiiv/et/kollektsioonid/40166>
- Lepmann, L. (2016). *Õppekava üldosa taotluste realiseerimine gümnaasiumi matemaatikakursuses*. Kasutamise kuupäev: juuli 2024. a., allikas [https://oppekava.ee/wp-content/uploads/2016/10/LLepmann\\_yldosa.pdf](https://oppekava.ee/wp-content/uploads/2016/10/LLepmann_yldosa.pdf)

- Liddy, E. (2001). Natural Language Processing. Kasutamise kuupäev: mai 2024. a., allikas <https://surface.syr.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=istpub>
- Lin, C.-C., Huang, A., & Yang, S. (2023). A Review of AI-Driven Conversational Chatbots Implementation Methodologies and Challenges (1999–2022). *Sustainability*. Allikas: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4012>
- MacGregor, M., & Price, E. (1999). An Exploration of Aspects of Language Proficiency and Algebra Learning. *Journal for Research in Mathematics Education*.
- Manik, E. (2024). The Role of the Teacher Taken by ChatGPT. *International Journal of Advanced Technology and Social Sciences*, 2(1), 1-10. Kasutamise kuupäev: juul 2024. a., allikas <https://journal.multitechpublisher.com/index.php/ijatss/article/view/1147/1117>
- Matzakos, N., Doukakis, S., & Moundridou, M. (2023). Learning Mathematics with Large Language Models: A Comparative Study with Computer Algebra Systems and Other Tools. *International Journal of Emerging Technology in Learning*, 18(20), 51-71. Kasutamise kuupäev: mai 2024. a., allikas <https://www.learntechlib.org/p/223774/>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, 27(4).
- Mikk, J. (1980). *Teksti mõistmine*. Tallinn: Valgus.
- Moore, K. (25. mai 2023. a.). *Edutopia*. Allikas: ChatGPT & Generative AI: <https://www.edutopia.org/article/using-chatgpt-plan-high-school-math-lessons>
- OpenAI. (2023). *Documentation: Get Started, Text generation models*.
- Pinker, S. (2003). *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*. Penguin UK.
- PISA. (2023). *PISA 2022 Eesti tulemused*. Tallinn: Haridus- ja Teadusministeerium. Allikas: [https://harno.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Pisa\\_tulemused\\_2022\\_veebi.pdf](https://harno.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Pisa_tulemused_2022_veebi.pdf)
- Rahman, M., & Watanobe, Y. (2023). ChatGPT for Education and Research: Opportunities, Threats, and Strategies. *Applied Sciences*, 13(5783).
- Rane, N. (2023). Enhancing mathematical capabilities through ChatGPT and similar generative artificial intelligence: roles and challenges in solving mathematical problems. *SSRN Electronic Journal*.
- Rasul, T., Nair, S., Kalendra, D., Robin, M., Santini, F., Ladeira, W., . . . Heathcote, L. (2023). The role of ChatGPT in higher education: Benefits, challenges, and future research directions. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(1).
- Rawat, K., & Mishra, M. K. (2022). *Role of Mathematics in Novel Artificial Intelligence Realm*.
- Riigi Teataja. (2011). *Gümnaasiumi riiklik õppekava, lisa 3*. Kasutamise kuupäev: 21. mai 2024. a., allikas [https://www.riigiteataja.ee/akti/1290/8201/4021/2m\\_lisa3.pdf#](https://www.riigiteataja.ee/akti/1290/8201/4021/2m_lisa3.pdf#)

- Riigi Teataja. (2011). *Gümnaasiumi riiklik õppekava, lisa 5*. Kasutamise kuupäev: 5. juuli 2024. a., allikas [https://www.riigiteataja.ee/aktivilisa/1080/3202/3006/18m\\_gym\\_lisa5.pdf#](https://www.riigiteataja.ee/aktivilisa/1080/3202/3006/18m_gym_lisa5.pdf#)
- Riigi Teataja. (2011). *Põhikooli riiklik õppekava, lisa 5*. Kasutamise kuupäev: 5. juuli 2024. a., allikas [https://www.riigiteataja.ee/aktivilisa/1080/3202/3005/18m\\_pohi\\_lisa5.pdf#](https://www.riigiteataja.ee/aktivilisa/1080/3202/3005/18m_pohi_lisa5.pdf#)
- Rudolph, J., Tan, S., & Tan, S. (2023). War of the chatbots: Bard, Bing Chat, ChatGPT, Ernie and beyond. The new AI gold rush and its impact on higher education. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(1).
- Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023). ChatGPT and Artificial Intelligence in higher education: Quick start guide. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*.
- Schleppegrell, M. J. (2007). The Linguistic Challenges of Mathematics Teaching and Learning: A Research Review. *Reading and Writing Quarterly*, 23, 133-139.
- Sepeng, P., & Madzorera, A. (2014). Sources of difficulty in comprehending and solving mathematical word problems. *International Journal of Educational Sciences*, 6(2), 217-225.
- Stephany, S. (2021). The influence of reading comprehension on solving mathematical word problems: A situation model approach. *Diversity Dimensions in Mathematics and Language Learning*.
- Zhai, X. (2022). ChatGPT User Experience: Implications for Education. *Available at SSRN*.
- Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., & Min, Y. (2023). A Survey of Large Language Models. *arXiv preprint*. Kasutamise kuupäev: juuli 2024. a., allikas <https://arxiv.org/pdf/2303.18223>
- Tashtoush, M., Wardat, Y., AlAli, R., & Saleh, S. (2024). Artificial Intelligence in Education: Mathematics Teachers' Perspectives, Practices and Challenges. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 60-77.
- Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, 10(15). Allikas: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00237-x#citeas>
- Turing, A. M. (1950). I.—computing machinery and intelligence. *Mind, Volume LIX, Issue 236*. Allikas: <https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238>
- Uibu, K., & Voltein, E. (2010). *Õppimine ja õpetamine esimeses ja teises kooliastmes*. (E. Kikas, Toim.) Tartu.
- Wardat, Y., Tashtoush, M., AlAli, R., & Jarrah, A. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7). Kasutamise kuupäev: mai 2024. a., allikas <https://doi.org/10.29333/ejmste/13272>

- Verhoeven, L., & Perfetti, C. (2008). Advances in Text Comprehension: Model, Process and Development. *Applied cognitive psychology*, 293-301.
- Vintere, A., Safiulina, E., & Panova, O. (2024). AI-based mathematics learning platforms in undergraduate engineering studies: analyses of user experiences. *International Scientific Conference Engineering for Rural Development*.
- Õunapuu, L. (2014). Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes. Tartu.
- Ünal, Z., Greene, N., Lin, X., & Geary, D. (2023). What Is the Source of the Correlation Between Reading and Mathematics Achievement? Two Meta-analytic Studies. *Educ Psychol*, 35 (4).
- Yavuz, Z. (2024). *Why is ChatGPT bad at even basic math?* Allikas: <https://www.retable.io/blog/why-is-chatgpt-bad-at-math>

## **Lihtlitsents**

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

Mina, Carmen Keivabu,

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

### **Riigieksami ülesannete ja ChatGPT ümbersõnastatud ülesannete võrdlus,**

mille juhendajad on Piret Luik ja Kerli Orav-Puurand,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

1. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

*Carmen Keivabu*

**22.08.2024**

## Lisad

### Lisa 1. I osa matemaatika riigieksami ülesanded

Tere!

Olete kutsutud osalema minu matemaatiliste tekstülesannete uurimuses, mille eesmärgiks on uurida, kuidas keelemudel ChatGPT saab aidata matemaatiliste ülesannete mõistmist ja sooritust. Teie panus on väärtuslik matemaatikaõpetuse arendamise ja teaduslike teadmiste täiendamise seisukohalt.

Uuring koosneb kahest osast:

1. **Esimeses osas** lahendate klassikalisi matemaatilisi tekstülesandeid, mis on koostatud matemaatikute poolt.
2. **Teises osas** lahendate samad ülesanded, kuid need on ümber sõnastatud ChatGPT keelemudeli poolt.

Pärast mõlema osa lõpetamist palun täita küsimustik, mis käsitleb tekstide sõnastust ja nende mõistmist. Teie tagasiside aitab hinnata, kas ja kuidas ChatGPT loodud ülesannete lihtsustamine mõjub nende arusaadavusele ja lahendamise efektiivsusele.

Uuringus osalemine on vabatahtlik, anonüümne ja ei mõjuta teie õpingutulemusi. Teie osalus on oluline, et saaksime paremini mõista ChatGPT potentsiaali matemaatika õpetamises. Tulemuste põhjal analüüsin, kuidas ChatGPT-ga ümber sõnastatud ülesanded võrreldes traditsiooniliste ülesannetega mõistmise ja soorituse osas välja tulevad.

Tänan teid teie panuse ja aja eest! (ChatGPT versioon)

## I OSA

### ÜL 1 (RE 2020)

Sõbrad Mart ja Robert osalesid kohaliku *duatloni* põhidistantsil, kus tuli läbida 6 km joostes, 24 km jalgrattaga sõites ja veel 3 km joostes.

1. Mart läbis esimese jooksuetapi poole tunniga. Tema keskmine kiirus teisel jooksuetapil oli 3 km/h võrra väiksem kui esimesel jooksuetapil. Mitu minutit kulus Martil teise jooksuetapi läbimiseks?

2. Robert sõitis jalgrattaga ühes tunnis 2 km rohkem kui Mart ning läbis selle etapi 3 minutit kiiremini kui Mart. Arvutage Roberti keskmine kiirus jalgrattaetapil.

### ÜL 2 (RE 2022)

Fikseeritud hinnaga elektripaketis on elektri ühe kilovatt-tunni (kWh) hind päevatariifi järgi 14 senti ja öötariifi järgi 11 senti. Selle paketi valinud majaomanikul tuli septembris maksta elektri eest 42,94 eurot ja oktoobris 73,84 eurot.

Septembris oli tema majapidamise päevane elektritarbimine 40 kWh võrra väiksem kui oktoobris ja öine elektritarbimine kaks korda väiksem kui oktoobris.

Mitu kilovatt-tundi elektrit tarbis majaomanik kummaski kuus?

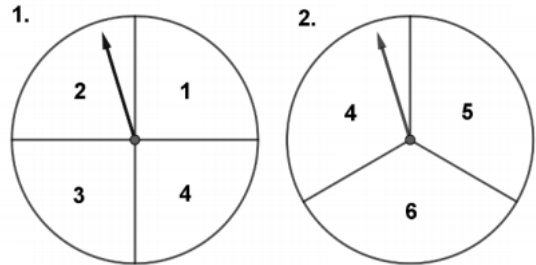
### ÜL 3 (RE 2022)

Mängu alguses on igal osalejale 200 punkti. Iga õnnestunud käigu korral saab mängija 5 punkti juurde. Esimese ebaõnnestunud käigu puhul võetakse mängijalt 3 punkti maha, iga järgmise ebaõnnestunud käigu korral võetakse maha 0,5 punkti rohkem kui eelmisel korral.

1. Maria tegi mängu käigus 18 õnnestunud käiku ja 18 ebaõnnestunud käiku. Mitu punkti oli Marial mängu lõpus?
2. Peeter kaotas mängu jooksul ühe ebaõnnestunud käigu eest 18 punkti. Mitmes ebaõnnestunud käik see tal oli?
3. Joosep tegi mängu alguses järjest 18 ebaõnnestunud käiku. Seejärel tegi ta ainult õnnestunud käike ja sai mängu lõpuks 234,5 punkti. Mitu õnnestunud käiku tegi ta mängu jooksul?

### ÜL 4 (RE 2022)

On kaks õnneratast, mida mängija võib keerutada. Esimesel rattal on neli võrdse suurusega sektorit ja teisel rattal kolm võrdse suurusega sektorit. Ratas saab peatuda ainult nii, et nool asub sektoril, mitte sektorite vahejoontel. Iga keerutamise tulemusel saab mängija sellise arvu punkte, mis on kirjas noolega osutatud sektoril.



1. Kui suur on tõenäosus, et ainult teist ratast keerutades saab mängija tulemuseks 6 punkti?
2. Missugustel juhtudel saab mängija mõlemat ratast ühe korra keerutades kokku 6 punkti?
3. Leidke tõenäosus, et mõlemat ratast ühe korra keerutades saab mängija kokku 6 punkti.

## Lisa 2. II osa ChatGPT poolt ümbersõnastatud riigieksami ülesanded

Tere!

Olete kutsutud osalema minu matemaatiliste tekstülesannete uurimuses, mille eesmärgiks on uurida, kuidas keelemudel ChatGPT saab aidata matemaatiliste ülesannete mõistmist ja sooritust. Teie panus on väärtuslik matemaatikaõpetuse arendamise ja teaduslike teadmiste täiendamise seisukohalt.

Uuring koosneb kahest osast:

1. **Esimeses osas** lahendate klassikalisi matemaatilisi tekstülesandeid, mis on koostatud matemaatikute poolt.
2. **Teises osas** lahendate samad ülesanded, kuid need on ümber sõnastatud ChatGPT keelemudeli poolt.

Pärast mõlema osa lõpetamist palun täita küsimustik, mis käsitleb tekstide sõnastust ja nende mõistmist. Teie tagasiside aitab hinnata, kas ja kuidas ChatGPT loodud ülesannete lihtsustamine mõjub nende arusaadavusele ja lahendamise efektiivsusele.

Uuringus osalemine on vabatahtlik, anonüümne ja ei mõjuta teie õpingutulemusi. Teie osalus on oluline, et saaksime paremini mõista ChatGPT potentsiaali matemaatika õpetamises. Tulemuste põhjal analüüsin, kuidas ChatGPT-ga ümber sõnastatud ülesanded võrreldes traditsiooniliste ülesannetega mõistmise ja soorituse osas välja tulevad.

Tänan teid teie panuse ja aja eest! (ChatGPT versioon)

## II OSA

### ÜL 1

Mart ja Robert osalesid võistlusel, kus nad pidid jooksmas ja rattaga sõitma. Distsantsid olid järgmised:

- 6 km joostes,
- 24 km jalgrattaga,
- 3 km joostes.

1. Mart jooksis esimese 6 km 30 minutiga. Teise 3 km jooksuetapi kiirus oli 3 km/h aeglasem kui esimese 6 km jooksuetapi kiirus. Kui kaua (minutites) jooksis Mart teise 3 km distantsi?

Vihje 1: Arvuta Marti esimese jooksu kiirus. Kasuta valemit:  $kiirus = \frac{distsants}{aeg}$ . (Distsants = 6 km, aeg = 0,5 tundi)

Vihje 2: Lahuta sellest kiirusest 3 km/h, et leida teise jooksuetapi kiirus.

Vihje 3: Kasuta valemit:  $aeg = \frac{distsants}{kiirus}$ , et leida teise jooksu aeg. (Distsants = 3 km)

2. Robert sõitis rattaga tunnis 2 km rohkem kui Mart ja lõpetas rattasõidu 3 minutit kiiremini kui Mart. Mis oli Roberti keskmine kiirus rattasõidul (km/h)?

Vihje 1: Arvuta Marti rattasõidu kiirus. Kasuta valemit:  $kiirus = \frac{distsants}{aeg}$ . (Distsants = 24 km, aeg Marti rattasõiduks)

*Vihje 2: Lisa Marti kiirusele 2 km/h, et leida Roberti kiirus.*

*Vihje 3: Kontrolli, et Roberti kiirus annab rattasõidu aja, mis on 3 minutit (või 0,05 tundi) vähem kui Marti aeg.*

## ÜL 2

Majaomanikul on elektripakett, kus elektri hind on päeval 14 senti ühe kilovatt-tunni (kWh) eest ja öösel 11 senti ühe kWh eest. Septembris maksis ta elektri eest 42,94 eurot ja oktoobris 73,84 eurot.

Septembris tarbis ta päeval 40 kWh vähem elektrit kui oktoobris. Öösel tarbis ta septembris kaks korda vähem elektrit kui oktoobris.

Kui palju kilovatt-tunde elektrit tarbis majaomanik septembris ja oktoobris?

*Vihjed:*

*Tähista septembrikuu ja oktoobrikuu päevane elektritarbimine erinevate muutujatega.*

*Tähista septembrikuu ja oktoobrikuu öine elektritarbimine erinevate muutujatega.*

*Kasuta antud elektrihindu ja septembri ning oktoobri kogumakse, et moodustada kaks võrrandit.*

*Kasuta moodustatud võrrandeid, et leida päevane ja öine tarbimine kummaski kuus.*

*Lahenda võrrandisüsteem sammhaaval, et leida vajalikud väärtused.*

## ÜL 3

Mängu alguses on igal osalejal 200 punkti. Iga eduka käigu korral saab mängija 5 punkti juurde. Esimese ebaõnnestunud käigu järel võetakse mängijalt 3 punkti maha, iga järgneva ebaõnnestunud käigu järel võetakse maha 0,5 punkti rohkem kui eelmisel korral.

1. Maria tegi mängu käigus 18 edukat käiku ja 18 ebaõnnestunud käiku. Mitu punkti oli Marial mängu lõpus?

*Vihje 1: Arvuta, kui palju punkte Maria teenis edukate käikudega ja kui palju punkte ta kaotas ebaõnnestunud käikudega.*

*Vihje 2: Kasuta teadmist, et eduka käigu korral saab mängija 5 punkti juurde ja ebaõnnestunud käigu korral võetakse maha vastavalt 3 punkti esimese eest, 3,5 punkti teise eest jne.*

*Vihje 3: Lisa või lahuta need punktid algsest 200-st, et saada Maria punktisumma mängu lõpus.*

1. Peeter kaotas mängus ühe ebaõnnestunud käigu järel 18 punkti. Mitmes ebaõnnestunud käik see tal oli?

*Vihje 1: Arvuta, kui palju punkte kaotatakse iga ebaõnnestunud käigu korral.*

*Vihje 2: Peeter kaotas mängus iga ebaõnnestunud käigu järel 3 punkti ning iga järgmise käigu järel lisandus 0,5 punkti miinust. Mõttele, kuidas saaksid selle info abil arvutada, mitu käiku ta tegi, et kaotada 18 punkti.*

2. Joosep tegi mängu alguses järjest 18 ebaõnnestunud käiku. Seejärel tegi ta ainult edukaid käike ja sai mängu lõpuks 234,5 punkti. Mitu edukat käiku tegi ta mängu jooksul?

*Vihje 1: Arvuta, kui palju punkte kaotatakse iga ebaõnnestunud käigu korral, teades, et esimese ebaõnnestunud käigu järel võetakse maha 3 punkti, teise järel 3,5 punkti jne.*

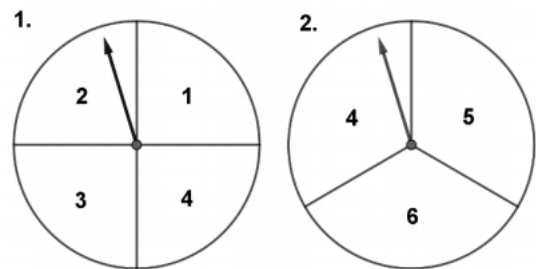
*Vihje 2: Leidke, kui palju punkte kaotatakse 18 järjestikuse ebaõnnestunud käigu korral.*

*Vihje 3: Lisa see summa algsele 200-le punktile, et leida punktide kogusumma enne edukate käikude alustamist.*

*Vihje 4: Lahuta kogusumma 234,5-st, et leida edukate käikudega teenitud punktide summa.*

## ÜL 4

On kaks õnneratast (vt joonist), mida mängija võib keerutada. Esimesel rattal on neli võrdse suurusega sektorit ja teisel rattal kolm võrdse suurusega sektorit. Ratas saab peatuda ainult nii, et nool asub sektoril, mitte sektorite vahejoontel. Iga keerutamise tulemusel saab mängija sellise arvu punkte, mis on kirjas noolega osutatud sektoril.



**Mida tuleb meeles pidada:**

1. Mõlemad rattad koosnevad erineva arvu sektoritest.
2. Mängija punktisumma sõltub sellest, millise sektori peal nool peatub iga rattal.
3. Esimesel rattal on neli sektorit ja teisel rattal on kolm sektorit.

**Vihjed:**

1. Arvuta tõenäosus, et teise ratta keerutamisel saab mängija tulemuseks 6 punkti, arvestades võimalikke punktide arve iga sektori puhul.
2. Kahe ratta korraga keerutamisel saab mängija punktisumma, liites kokku punktid mõlemalt rattalt. Leida, millistel kombinatsioonidel võib mängija saada kokku 6 punkti.
3. Arvuta võimalike kombinatsioonide arv, kus mõlemad rattad ühe korra keerutades annavad kokku 6 punkti, ning jaga see võimalike kombinatsioonide koguarvuga.

**Ülesanded:**

1. Kui suur on tõenäosus, et ainult teist ratast keerutades saab mängija tulemuseks 6 punkti?
2. Missugustel juhtudel saab mängija mõlemat ratast ühe korra keerutades kokku 6 punkti?
3. Leidke tõenäosus, et mõlemat ratast ühe korra keerutades saab mängija kokku 6 punkti.

## Lisa 3. Tagasiside küsitlus

# Matemaatilised tekstülesanded

---

Edenemise salvestamiseks [logige Google'isse sisse](#). Lisateave

---

\* Viitab kohustuslikule küsimusele

### Kas Sulle meeldib lugeda? \*

*Raamatuid, e-raamatuid, uudiseid, artikleid jms*

- Jah
- Vähesel määral
- Ei

### Kas nõustud väitega: "Keele oskus ja matemaatika oskus on omavahel seotud"? \*

*Eesti keele lugemise oskus on seotud matemaatika tekstülesannete lahendamise oskusega.*

- Nõustun
- Võimalik
- Ei nõustu

### Kuidas hindad oma tekstülesannete lahendamise oskust? \*

- Väga hea
- Hea
- Rahuldav
- Kehv

## Millised oskused on Sinu arvates kõige olulisemad matemaatika tekstülesannete lahendamisel?

\*

Valige sobivad vastused.

- Funktsionaalne lugemisoskus
- Probleemi mõistmine
- Matemaatilised põhiteadmised
- Loogiline mõtlemine
- Andmete tõlgendamine

### I osa tekstülesanne: ÜL 1

\*

**Kas tekstülesanne oli arusaadav? Kas esines sõnu, mille tähendust ei teadnud või sõnad, mis tekitasid segadust (näiteks oli kaheti mõistetavad)? Millised sõnad?**

ÜL 1. Sõbrad Mart ja Robert osalesid kohaliku duatloni põhidistantsil, kus tuli läbida 6 km joostes, 24 km jalgrattaga sõites ja veel 3 km joostes.

1. Mart läbis esimese jooksuetapi poole tunniga. Tema keskmine kiirus teisel jooksuetapil oli 3 km/h võrra väiksem kui esimesel jooksuetapil. Mitu minutit kulus Mardil teise jooksuetapi läbimiseks?
2. Robert sõitis jalgrattaga ühes tunnis 2 km rohkem kui Mart ning läbis selle etapi 3 minutit kiiremini kui Mart. Arvutage Roberti keskmine kiirus jalgrattaetapil.

Teie vastus

---

### I osa tekstülesanne: ÜL 2

\*

**Kas tekstülesanne oli arusaadav? Kas esines sõnu, mille tähendust ei teadnud või sõnad, mis tekitasid segadust (näiteks oli kaheti mõistetavad)? Millised sõnad?**

ÜL 2. Fikseeritud hinnaga elektrikpaketi on elektri ühe kilovatt-tunni (kWh) hind päevatariifi järgi 14 senti ja öötariifi järgi 11 senti. Selle paketi valinud majaomanikul tuli septembris maksta elektri eest 42,94 eurot ja oktoobris 73,84 eurot.

Septembris oli tema majapidamise päevane elektritarbimine 40 kWh võrra väiksem kui oktoobris ja öine elektritarbimine kaks korda väiksem kui oktoobris.

Mitu kilovatt-tundi elektrit tarbis majaomanik kummaski kuus?

Teie vastus

---

### I osa tekstülesanne: ÜL 3

\*

**Kas tekstülesanne oli arusaadav? Kas esines sõnu, mille tähendust ei teadnud või sõnad, mis tekitasid segadust (näiteks oli kaheti mõistetavad)? Millised sõnad?**

ÜL 3. Mängu alguses on igal osalejal 200 punkti. Iga õnnestunud käigu korral saab mängija 5 punkti juurde. Esimese ebaõnnestunud käigu puhul võetakse mängijalt 3 punkti maha, iga järgmise ebaõnnestunud käigu korral võetakse maha 0,5 punkti rohkem kui eelmisel korral.

1. Maria tegi mängu käigus 18 õnnestunud käiku ja 18 ebaõnnestunud käiku. Mitu punkti oli Marial mängu lõpus?
2. Peeter kaotas mängu jooksul ühe ebaõnnestunud käigu eest 18 punkti. Mitmes ebaõnnestunud käik see tal oli?
3. Joosep tegi mängu alguses järjest 18 ebaõnnestunud käiku. Seejärel tegi ta ainult õnnestunud käike ja sai mängu lõpuks 234,5 punkti. Mitu õnnestunud käiku tegi ta mängu jooksul?

Teie vastus

---

### I osa tekstülesanne: ÜL 4

\*

**Kas tekstülesanne oli arusaadav? Kas esines sõnu, mille tähendust ei teadnud või sõnad, mis tekitasid segadust (näiteks oli kaheti mõistetavad)? Millised sõnad?**

ÜL 4. On kaks õnneratast, mida mängija võib keerutada. Esimesel rattal on neli võrdse suurusega sektorit ja teisel rattal kolm võrdse suurusega sektorit. Ratas saab peatuda ainult nii, et nool asub sektoril, mitte sektorite vahejoontel. Iga keerutamise tulemusel saab mängija sellise arvu punkte, mis on kirjas noolega osutatud sektoril.

1. Kui suur on tõenäosus, et ainult teist ratast keerutades saab mängija tulemuseks 6 punkti?
2. Missugustel juhtudel saab mängija mõlemat ratast ühe korra keerutades kokku 6 punkti?
3. Leidke tõenäosus, et mõlemat ratast ühe korra keerutades saab mängija kokku 6 punkti.

Teie vastus

---

**II osas lahendasid ChatGPT poolt ümbersõnastatud I osa ülesandeid. Kuidas võrdleksid I ja II osa ülesannete tekstisõnastusi?**

\*

Valige sobivad vastused.

- I osa ülesannete tekstid olid arusaadavamad.
- II osa ülesannete tekstid olid lihtsamad ja seega arusaadavamad.
- II osa ülesannetes olevad vihjed aitasid ülesannetest paremini aru saada ja neid lahendada.
- I osa ja II osa tekstülesanded olid kõik mulle rasked.
- I osa ja II osa tekstülesanded olid kõik mulle lihtsad.
- Mõni ülesanne oli arusaadavam I osas aga mõni oli arusaadavam II osas.

### Hinda I osa tekstülesannete arusaadavust: \*

Valige sobivad vastused.

	Kogu ülesande tekst oli arusaadav.	Teksti oli lihtne lugeda.	Tekstis esines lauseid, millest ma ei saanud hästi aru.	Tekstis esines sõnu, mille tähendust ma ei teadnud.	Tekst oli arusaadav, kuid ma ei osanud lahendada.	Liiga palju teksti, liiga pikad laused.	Ei saanud tekstist aru (mida küsitakse/kuidas lahendada).
ÜL 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÜL 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÜL 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÜL 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Hinda II osa tekstülesannete arusaadavust: \*

Valige sobivad vastused.

	Kogu ülesande tekst oli arusaadav.	Teksti oli lihtne lugeda.	Ülesandes olevad vihjed aitasid teksti mõista ning lahendada.	Tekstis esines lauseid, millest ma ei saanud hästi aru.	Tekstis esines sõnu, mille tähendust ma ei teadnud.	Ülesandes olevad vihjed tekitasid segadust.	Tekst oli arusaadav, kuid ma ei osanud lahendada.	Liiga palju teksti, liiga pikad laused.	Ei saanud tekstist aru (mida küsitakse/kuidas lahendada).
ÜL 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÜL 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÜL 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÜL 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Millistes aspektides olid riigieksami ülesanded paremad? \***

*Valige sobivad vastused.*

- Keel ja sõnastus
- Struktuur ja loogika
- Selguse ja täpsuse tase

**Millistes aspektides olid ChatGPT poolt ümber sõnastatud ülesanded paremad? \***

*Valige sobivad vastused.*

- Keel ja sõnastus
- Struktuur ja loogika
- Selguse ja täpsuse tase

**Mis aitaks Sinul tekstülesannetest paremini aru saada? \***

*Valige sobivad vastused.*

- Põhjalikumad selgitused
- Näidisülesanded koos lahendustega
- Visuaalsed abivahendid (diagrammid, skeemid)
- Vihjed
- Lihtsam keel
- Konkreetsemad ja lühemad laused

#### **Lisa 4. Informatiivne kiri uuringu osalenud õpilaste vanematele**

Tere,

Kirjutan Teile, et teavitada teid oma magistritöö raames läbi viidavast uuringust, milles osalemine on Teie lapsele vabatahtlik. Uuring viiakse läbi matemaatika tunnis, matemaatikaõpetaja nõusolekul.

Käesoleva uuringu eesmärk on välja selgitada, kuidas tehisintellekt, täpsemalt ChatGPT, saaks aidata matemaatika õpetajatel muuta tekstülesanded õpilastele arusaadavamaks. Uuringus võrreldakse ja analüüsitakse tulemusi, kuidas õpilased lahendasid tavapäraseid tekstülesandeid ja kuidas tulid toime ülesannetega, mida oli lihtsustatud ChatGPT abil.

Kogu uuring viiakse läbi anonüümselt ning osalemine on vabatahtlik, seega, kui Teie laps osaleb, siis ei ole last võimalik ühegi vastusega seostada.

Uuringu tulemused aitavad paremini mõista, kuidas tehisintellekti saaks matemaatika õpetamisel ning õppimisel kasutada. Tulevikuperspektiivis võivad saadud teadmised aidata välja töötada uusi ja tõhusamaid õppemeetodeid.

Tänan Teid ja Teie last uuringus osalemise eest.

Kui Teil on küsimusi, võtke minuga julgesti ühendust.

Lugupidamisega,

Carmen Keivabu

e-mail: ....