

ONDERZOEKSVOORSTEL

Geautomatiseerde tekstvereenvoudiging van wetenschappelijke artikelen gericht op scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs.

Bachelorproef, 2022-2023

Dylan Cluyse

E-mail: dylan.cluyse@student.hogent.be

Co-promotors:

- J. Decorte (Hogeschool Gent, johan.decorte@hogent.be)
- J. Van Damme (Hogeschool Gent, jana.vandamme@hogent.be)
- M. Dhondt (Gelukstraat marloes.dhondt@gelukstraat.be)

Samenvatting

Ingewikkelde woordenschat en lange zinsbouw hinderen scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs bij het lezen van wetenschappelijke artikelen. Adaptieve tekstvereenvoudiging helpt deze scholieren bij hun lees- en verwerkingssnelheid en kunstmatige intelligentie kan dit proces automatiseren. Dit onderzoek haalt aan hoe de inhoud van wetenschappelijke artikelen automatisch met AI kan worden vereenvoudigd, met specifiek oog voor de behoeften van scholieren met dyslexie in het derde graad van het middelbaar onderwijs. Een technische analyse van de technologische en logopedische vakgebieden wordt uitgevoerd, gevolgd door een veldonderzoek en de ontwikkeling van een AI-gestuurd prototype voor adaptieve tekstvereenvoudiging. Huidige toepassingen voor tekstvereenvoudiging in het onderwijs zijn gericht op het automatiseren van tekstvereenvoudiging en niet op het aanbieden van een aanpak op maat. Internationale AI-toepassingen zijn nauwkeuriger, maar de vertaalde en vereenvoudigde tekst kan afwijken van de oorspronkelijke kerninhoud. De ontwikkeling van een pipeline voor tekstvereenvoudiging met kant-en-klare modellen staat nog in de kinderschoenen, al bieden *custom transformers* een alternatieve oplossing.

Keuzerichting: AI & Data Engineering

Sleutelwoorden: Machineleertekniken en kunstmatige intelligentie, tekstvereenvoudiging, dyslexie

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
2	State-of-the-art	2
3	Methodologie	4
4	Verwacht resultaat, conclusie	4
	Referenties	5

1. Introductie

Het Vlaamse middelbaar onderwijs staat nu op barsten, want de leraren en scholieren in het Vlaamse middelbaar onderwijs ondergaan aan de werkdruk en stress. De derde graad in het middelbaar onderwijs is een cruciale stap voor de verdere loopbaan van scholieren, al hebben scholieren moeite met de gekregen vakliteratuur (Dapaah & Maenhout, 2022). Het STEM-agenda¹ van de Vlaamse Overheid bestaat uit aandachtspunten om het STEM-onderwijs tegen 2030 aantrekkelijker te maken door de ondersteuning voor

zowel leerkrachten als scholieren te verbeteren. Het overbruggen van wetenschappelijke jargon is echter nergens in de aandachtspunten van het STEM-agenda terug te vinden, maar geautomatiseerde en adaptieve tekstvereenvoudiging biedt een revolutionaire oplossing aan.

Dit onderzoek laat zien hoe de inhoud van wetenschappelijke artikelen op een geautomatiseerde wijze vereenvoudigd kan worden, gericht op de behoeften van scholieren met dyslexie in de derde graad van het middelbaar onderwijs. Hierbij wordt gestart met een theoretische basis voor tekstvereenvoudiging en een literatuurstudie naar de uitdagingen die een toepassing in acht moet nemen. In een vervolgstap wordt met een veldonderzoek gekeken naar bestaande AI-toepassingen voor tekstvereenvoudiging in Nederlandse en Engelse teksten. Hierna beschrijft het onderzoek een pipeline voor geautomatiseerde en adaptieve tekstvereenvoudiging en staat stil bij de verschillende metrieken om de vereenvoudigde tekst te beoordelen. Daarna vindt een vergelijking plaats tussen de vereenvoudigde tekstinhoud van verschillende aangehaalde toepassin-

¹<https://www.vlaanderen.be/publicaties/stem-agenda-2030-stem-competenties-voor-een-toekomst-en-missiegericht-beleid>

gen, die beoordeeld wordt met behulp van enquêtes en statistische metriekeken. Tot slot worden de resultaten van het onderzoek gebruikt om inzicht te krijgen in hoe wetenschappelijke artikelen op een geautomatiseerde en adaptieve manier vereenvoudigd kunnen worden voor scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs. Dit leidt tot verdere ontwikkeling voor AI-ontwikkelaars om een bruikbare toepassing te creëren voor gebruik in het onderwijs.

2. State-of-the-art

De voorbije tien jaar is kunstmatige intelligentie (AI) sterk verder ontwikkeld. De toename in kennis zorgde voor nieuwe toepassingen. Tekstvereenvoudiging vloeide hier uit voort. Momenteel bestaan er al robuuste toepassingen die teksten kunnen vereenvoudigen, zoals Resoomer², Paraphraser³ en Prepostseo⁴. Binnen het kader van tekstvereenvoudiging is er bestaande documentatie beschikbaar waar onderzoekers het voordeel van toegankelijkheid aanhalen, maar deze toepassingen ontbreken de extra noden die scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs vereisen.

Het algemene doel van tekstvereenvoudiging is om ingewikkelde bronnen toegankelijker te maken. Het zorgt voor verkorte teksten zonder de kernboodschap te verliezen. Tekstvereenvoudiging gebeurt doorgaans op één van drie manieren. Er is conceptuele vereenvoudiging waarbij documenten naar een compacter formaat worden getransformeerd. Daarnaast is er uitgebreide modificatie die kernwoorden aanduidt door gebruik van redundantie. Als laatste is er samenvatting die documenten verandert in kortere teksten met alleen de topische zinnen. Met deze concepten zijn ontwikkelaars in staat om ingewikkelde woorden te vervangen door eenvoudiger synoniemen of zinnen te verkorten zodat ze sneller leesbaar zijn (Siddharthan, 2014).

Tekstvereenvoudiging behoort tot de zijtak van natuurlijke taalverwerking (NLP) in kunstmatige intelligentie. NLP omvat methodes om, door machinaal leren, menselijke teksten om te zetten in tekst voor machines. Documenten vereenvoudigen met NLP kan op twee manieren: extract of abstract. Bij extractieve simplificatie worden zinnen gelezen zoals ze zijn neergeschreven. Vervolgens bewaart een document de belangrijkste taalelementen om de tekst te kunnen hervormen. Deze vorm van tekstvereenvoudiging komt het meeste voor (Sciforce, 2020). Daarnaast is er abstracte simplificatie die de kernboodschap van de zin bewaart en daarmee een nieuwe zin opbouwt. Volgens het onderzoek van Chowd-

hary (2020) heeft deze vorm potentieel dankzij de menselijke interpretatie, maar zit nog in de kinderschoenen.

Voor kinderen met dyslexie bestaan digitale hulpmiddelen die voor een betere visuele presentatie zorgen van teksten. Zo haalt het onderzoek van Rello e.a. (2012) tips aan waarmee teksten en documenten rekening moeten houden bij scholieren met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs. Het gaat over speciale lettertypes, spreiding tussen woorden en het gebruik van inzoomen op aparte zinnen. Het onderzoek haalt aan dat teksten voor deze unieke noden aanpassen tijdovend is, dus tekstvereenvoudiging door kunstmatige intelligentie kan een revolutionaire oplossing bieden.

Het onderzoek van Franse wetenschappers Gala en Ziegler (2016) illustreert dat manuele tekstvereenvoudiging schoolteksten toegankelijker maakt voor kinderen met dyslexie. Dit deden ze door simpelere synoniemen en zinsstructuren te gebruiken. Verwijswoorden werden vermeden en woorden kort gehouden. De resultaten waren veelbelovend. Het leestempo lag hoger en de kinderen maakten minder leesfouten. Ook bleek er geen verlies van begrip in de tekst bij geteste kinderen. Resultaten van de studie werden gebundeld voor de mogelijke ontwikkeling van een AI hulpmiddel.

De Universiteit van Kopenhagen is met bovenstaande idee aan de slag gegaan. Onderzoekers Bingel e.a. (2018) hebben gratis software ontwikkeld, genaamd Hero⁵, om tekstvereenvoudiging voor scholieren in het middelbaar onderwijs met dyslexie te automatiseren. De software bestudeert met welke woorden de gebruiker moeite heeft, en vervangt die door simpelere alternatieven. Hero bevindt zich in beta-vorm en wordt enkel in het Engels en het Deens ondersteund.

Plavén-Sigra e.a. (2017) halen aan hoe onderzoekers in hun taalbubbel blijven, wat gevolgen voor de lezers met zich meebrengt. Daarnaast brengt de stijging aan het gebruik van acroniemen volgens Barnett en Doubleday (2020) een extra obstakel met zich mee. Het onderzoek van Donato e.a. (2022) wijst uit dat scholieren met dyslexie in het middelbaar onderwijs die uit hun richting vallen, te wijten zijn aan ondoordringelijke teksten. Dit bleek vooral bij STEM-richtingen het geval.

Roldós (2020) haalt aan dat NLP in de laatste decennia volop in ontwikkeling is, maar ontwikkelaars botsen nog op uitdagingen. Het gaat om zowel interpretatie- als dataproblemen bij AI machines. Het onderzoek haalt twee punten aan. Allereerst is het voor een machine moeilijk om de context van homoniemen te achterhalen. Bijvoorbeeld bij het woord 'bank' is het niet duidelijk voor de machine of het gaat over de geldinstelling

²<https://resoomer.com/nl/>

³<https://www.paraphraser.io/nl/tekst-samenvatting>

⁴<https://www.prepostseo.com/tool/nl/text-summarizer>

⁵<https://beta.heroapp.ai/>

of het meubel. Daarnaast zijn synoniemen geen probleem voor tekstverwerking.

Het onderzoek van Sciforce (2020) haalt aan dat het merendeel van NLP-toepassingen Engelse invoer gebruikt. Niet-Engelstalige toepassingen zijn zeldzaam. De opkomst van AI technologieën die twee datasets gebruiken, biedt een oplossing voor dit probleem. De software vertaalt eerst de oorspronkelijke tekst naar de gewenste taal, voordat de tekst wordt herwerkt. Hetzelfde onderzoek bewijst dat het vertalen van gelijkaardige talen, zoals Duits en Nederlands, een minimaal verschil oplevert.

De Vlaamse overheid leent gratis abonnementen uit voor voorlees- en schrijfsoftware. De voornaamste zijn SprintPlus⁶, Alinea⁷ en Kurzweil3000⁸. Vlaamse scholieren met dyslexie in het middelbaar onderwijs kunnen voor deze software een gratis abonnement of licentie aanvragen. Al bieden de vijf softwarepakketten elk een samenvattingsfunctie aan, echter ligt de focus op spreken en luisterfuncties waarbij het samenvatten en markeren van tekst als extra wordt gehouden.

ChatGPT⁹ van OpenAI is een *chatbot* gebouwd op het GPT-3 model. Het GPT-3 model omvat meer dan vijf miljard verschillende woorden, wat het revolutionair maakt voor AI taaltoepassingen. Nadelig moet de *chatbot* via de online toepassing expliciet gevraagd worden om tekst te kunnen vereenvoudigen. Verhoeven (2023) haalt aan dat toepassingen zoals ChatGPT een wondermiddel zijn om de werklast van routinematig en boilerplate werk te verminderen in het onderwijs. Toepassingen ontwikkelen met het GPT-3 model is mogelijk, al is de API van GPT-3 enkel tegen betaling beschikbaar. Readable¹⁰ is een Engelstalige AI toepassing dat zinnen beoordeeld met leesbaarheidsformules. Bij beide tools is het enkel mogelijk om tekst op de webpagina te plakken, dus er kunnen geen PDF-documenten of scans worden geüpload en eenzelfde werking verwachten.

Vlaanderen heeft weinig zicht op de geïmplementeerde AI software in scholen. Dit werd vastgesteld door (Martens e.a., 2021a), een samenwerking tussen de Vlaamse universiteiten en overheid voor kunstmatige intelligentie. Vergeleken met andere Europese landen, maakt België het minst gebruik van leerling-georiënteerde hulpmiddelen. Degenen die wel gebruikt worden, zijn vooral online leerplatformen voor zelfstandig werken. Ook maakt België amper gebruik van beschikbare software die de leermethoden en -noden van leerlingen evalueert (Martens e.a., 2021b).

⁶<https://www.sprintplus.be/>

⁷<https://sensotec.be/product/alinea-suite/>

⁸<https://sensotec.be/product/kurzweil-3000/>

⁹<https://chat.openai.com/chat>

¹⁰<https://readable.com/>

Python staat bovenaan de lijst van programmeertalen voor NLP-toepassingen. Volgens het onderzoek van Thangarajah (2019) is dit te wijten aan de eenvoudige syntax, kleine leercurve en grote beschikbaarheid van kant-en-klare bibliotheken. Moeilijke wiskundige berekeningen of statistische analyses kunnen worden uitgevoerd door middel van één lijn code. Een artikel van Malik (2022) haalt de twee meest voorkomende aan, namelijk NLTK¹¹ en Spacy¹².

Iedere soort tekstvereenvoudiging omvat verschillende fases. Het onderzoek van Shardlow (2014) wijst uit dat een pipeline voor lexicale vereenvoudiging uit vier fases bestaat. Een *proof-of-concept* genaamd *Deep Martin*¹³ bouwt verder op dit theoretisch concept. Hun pipeline maakt gebruik van *custom transformers* om invoertekst om te zetten naar een vereenvoudigde versie van de tekstinhoud.

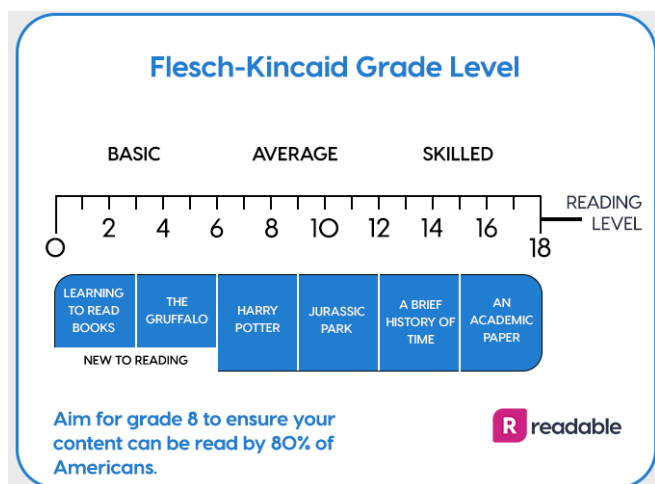
Garbacea e.a. (2021) benadrukken dat AI ontwikkelaars te weinig aandacht besteden aan de eerste twee stappen van de pipeline voor tekstvereenvoudiging, namelijk het achterhalen waarom een woord of zin moet worden aangepast. Zij halen aan dat de ethische aspecten van AI taaltoepassingen aan de eindgebruiker moet worden meegegeven. Hetzelfde onderzoek haalt twee aspecten aan dat een AI toepassing na een vereenvoudiging moet kunnen aantonen. Allereerst moet de toepassing meegeven waarom een zin of woord is aangepast. De moeilijkheidsgraad van de woord of de zin moet worden bewezen door het model. Iavarone e.a. (2021) haalt zo een methode aan om de moeilijkheidsgraad te bepalen. In dit onderzoek werden regressiemodellen ingezet om een gemiddelde moeilijkheidspercentage te berekenen per zin. Verder haalt Garbacea e.a. (2021) als tweede pijler aan dat de complexe delen van zin gemarkeerd moeten worden. Zij halen *lexical of deep learning* methoden aan waarmee AI ontwikkelaars erin slagen om deze twee fasen in hun AI toepassing te kunnen uitwerken.

Er is een tactvolle aanpak nodig om een vereenvoudigde tekst met AI te beoordelen. De studie van Swayamdipta (2019) haalt aan dat er extra nood is aan NLP-modellen waarbij de tekst zijn kernboodschap behoudt. Samen met Microsoft Research bouwden ze NLP-modellen die gericht waren op de bewaring van zinsstructuur en -context door *scaffolded learning*. Hiervoor maakten de onderzoekers gebruik van een voorspellingsmethode die de positie van woorden en zinnen in een document beoordeelde. Daarnaast wijst het onderzoek van Readable (2021) uit dat de Flesch-Kincaid leesbaarheidstest een manier aanbiedt om vereenvoudigde tekstinhoud te beoordelen, zonder de nood van vooraf getrainde

¹¹<https://www.nltk.org/>

¹²<https://spacy.io/>

¹³<https://github.com/chrislemke/deep-martin>



Figuur 1: Afbeelding van (Readable, 2021)

modellen. Met de Python-library *textstat*¹⁴ kan deze score eenvoudig worden berekend.

3. Methodologie

Er wordt een *mixed-methods* onderzoek uitgevoerd om te bepalen of een AI toepassing de tekstinhoud van een wetenschappelijke paper op maat van de noden voor een scholier met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs kan vereenvoudigen. Het onderzoek houdt zes fases in.

De eerste fase is het proces van tekstvereenvoudiging beschrijven, waaronder een omschrijving van het begrip en de verschillende soorten van tekstvereenvoudiging met AI. Dit gebeurt via een grondige studie van vakliteratuur en wetenschappelijke teksten. Ook blogs van experts komen hier aan bod. Na het verwerven van de nodige inzichten wordt er een verklarende tekst opgesteld.

De tweede fase bestaat uit het analyseren van wetenschappelijke werken over de bewezen voordelen van tekstvereenvoudiging bij scholieren met dyslexie van het derde graad middelbaar onderwijs. Hiervoor zijn geringe thesen beschikbaar, die zorgvuldigheid vragen tijdens interpretatie. De resulterende tekst bevat de voordelen samen met hun wetenschappelijke onderbouwing.

De derde fase is opnieuw een beschrijving. Hier worden de valkuilen bij taalverwerking met AI software nagegaan. Deze fase van het onderzoek brengt mogelijke nadelen en tekortkomingen van AI software bij tekstvereenvoudiging aan het licht. Dit gebeurt aan de hand van een technische uitleg.

De vierde fase omvat een toelichting over beschikbare AI toepassingen voor tekstvereenvoudiging. Aan de hand van een veldonderzoek op het internet en bij bedrijven wordt er op zoek gegaan naar dergelijke software. Er wordt niet ge-

zocht naar vertaalsoftware of toepassingen die de inhoud van een afbeelding of tekstbestand omzet naar tekstinhoud. Het resultaat van deze fase is een longlist van alle beschikbare AI toepassingen die teksten kunnen vereenvoudigen.

De vijfde fase omschrijft de technische uitwerking van een pipeline voor tekstvereenvoudiging, alsook een shortlist van metrieken om de vereenvoudigde tekstinhoud te evalueren. Er zal een tekstvereenvoudigingspipeline worden ontwikkeld met beschikbare kant-en-klare bibliotheken, *transformers* en algoritmen. Het resultaat van deze fase is een pipeline opgebouwd in de programmeertaal Python.

De zesde fase bestaat uit een toelichting van de beschikbare evaluatiemetrieken om vereenvoudigde tekst te kunnen beoordelen. Het resultaat is een shortlist van alle evaluatiecriteria waaraan de uitvoertekst van een tekstvereenvoudigingstoepassing moet voldoen.

De zevende en laatste fase omvat een vergelijkende studie van de gevonden AI-toepassingen die tekst vereenvoudigen en de pipeline. De tekstinhoud van wetenschappelijke papers die in een derde graad middelbaar onderwijs worden gebruikt, dienen hier als invoertekst voor de evaluatie. De subjectieve test gebeurt aan de hand van een enquête en een *think-aloudtest*. De objectieve testen gebeuren op basis van de shortlist uit de derde fase en de shortlist van metrieken uit de zesde fase. Ten slotte volgt er een persoonlijk advies over de nodige ontwikkelingen in het vak op vlak van Nederlandstalige tekstvereenvoudiging.

4. Verwacht resultaat, conclusie

Er wordt verwacht dat de software, die nu in het onderwijs wordt ingezet, niet voldoet aan de noden van een scholier met dyslexie in het derde graad middelbaar onderwijs. Dit is omdat er onvoldoende rekening wordt gehouden met hun uitdagingen. Bestaande internationale AI-toepassingen bieden een gelijkwaardige oplossing, al steekt ChatGPT met het GPT-3 model boven de rest uit. Met dit model kan er een krachtige applicatie worden opgebouwd. Het vertalen van de vereenvoudigde tekstinhoud bij een internationale AI-toepassing kan afwijken van de oorspronkelijke context.

Er zijn onvoldoende kant-en-klare algoritmen en modellen beschikbaar om een *pipeline* voor tekstvereenvoudiging te bouwen, vooral gericht op scholieren met dyslexie in het middelbaar onderwijs. De vereenvoudigde inhoud uit de *pipeline* voldoet niet aan hun noden. De *pipeline* heeft nood aan *custom transformers* om belovende resultaten te bekomen. Er is nood aan Nederlandstalige *word embeddings* die de complexiteit per woord bijhouden en kant-en-klare

¹⁴<https://pypi.org/project/textstat/>

modellen die de tekstinhoud van wetenschappelijke papers kunnen vereenvoudigen. Werken met word embeddings uit een Germaanse taal en later de vereenvoudigde tekst vertalen, verlaagt de nauwkeurigheid van het model maar is een aanvaardbaar alternatief.

Referenties

- Barnett, A., & Doubleday, Z. (2020). Meta-Research: The growth of acronyms in the scientific literature (P. Rodgers, Red.). *eLife*, 9, e60080.
- Bingel, J., Paetzold, G., & Søgaaard, A. (2018). Lexi: A tool for adaptive, personalized text simplification. *Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics*, 245–258.
- Chowdhary, K. (2020). *Fundamentals of Artificial Intelligence*. Springer, New Delhi.
- Dapaah, J., & Maenhout, K. (2022, juli 8). *Iedereen heeft boter op zijn hoofd* (D. Standaard, Red.). https://www.standaard.be/cnt/dmf20220607_97763592
- Donato, A., Muscolo, M., Arias Romero, M., Capri, T., Calarese, T., & Olmedo Moreno, E. M. (2022). Students with dyslexia between school and university: Post-diploma choices and the reasons that determine them. An Italian study. *Dyslexia*, 28(1), 110–127.
- Gala, N., & Ziegler, J. (2016). Reducing lexical complexity as a tool to increase text accessibility for children with dyslexia. *Proceedings of the Workshop on Computational Linguistics for Linguistic Complexity (CL4LC)*, 59–66.
- Garbacea, C., Guo, M., Carton, S., & Mei, Q. (2021). Explainable Prediction of Text Complexity: The Missing Preliminaries for Text Simplification. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers)*, 1086–1097. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-long.88>
- Iavarone, B., Brunato, D., & Dell'Orletta, F. (2021). Sentence Complexity in Context. *Proceedings of the Workshop on Cognitive Modeling and Computational Linguistics*, 186–199. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.cmcl-1.23>
- Malik, R. S. (2022, juli 4). *Top 5 NLP Libraries To Use in Your Projects* (T. AI, Red.). <https://towardsai.net/p/i/top-5-nlp-libraries-to-use-in-your-projects>
- Martens, M., De Wolf, R., & Evens, T. (2021a). *Algoritmes en AI in de onderwijscontext: Een studie naar de perceptie, mening en houding van leerlingen en ouders in Vlaanderen*. Kenniscentrum Data en Maatschap-
pij. Verkregen maart 30, 2022, van <https://data-en-maatschappij.ai/publicaties/survey-onderwijs-2021>
- Martens, M., De Wolf, R., & Evens, T. (2021b, juni 28). *School innovation forum 2021*. Kenniscentrum Data en Maatschappij. Verkregen april 1, 2022, van <https://data-en-maatschappij.ai/nieuws/school-innovation-forum-2021>
- Plavén-Sigra, P., Matheson, G. J., Schiffler, B. C., & Thompson, W. H. (2017). Research: The readability of scientific texts is decreasing over time (S. King, Red.). *eLife*, 6, e27725.
- Readable. (2021). *Flesch Reading Ease and the Flesch Kincaid Grade Level*. <https://readable.com/readability/flesch-reading-ease-flesch-kincaid-grade-level/>
- Rello, L., Kanvinde, G., & Baeza-Yates, R. (2012). Layout Guidelines for Web Text and a Web Service to Improve Accessibility for Dyslexics. *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility*.
- Roldós, I. (2020, december 22). *Major Challenges of Natural Language Processing (NLP)*. MonkeyLearn. Verkregen april 1, 2022, van <https://monkeylearn.com/blog/natural-language-processing-challenges/>
- Sciforce. (2020, februari 4). *Biggest Open Problems in Natural Language Processing*. Verkregen april 1, 2022, van <https://medium.com/sciforce/biggest-open-problems-in-natural-language-processing-7eb101ccfc9>
- Shardlow, M. (2014). A Survey of Automated Text Simplification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), Special Issue on Natural Language Processing 2014*, 4(1). <https://doi.org/10.14569/SpecialIssue.2014.040109>
- Siddharthan, A. (2014). A survey of research on text simplification. *ITL - International Journal of Applied Linguistics*, 165, 259–298.
- Swayamdipta, S. (2019, januari 22). *Learning Challenges in Natural Language Processing*. Verkregen april 1, 2022, van <https://www.microsoft.com/en-us/research/video/learning-challenges-in-natural-language-processing/>
- Thangarajah, V. (2019). Python current trend applications- an overview.
- Verhoeven, W. (2023, februari 8). *Applaus voor de studenten die ChatGPT gebruiken* (Trends, Red.). https://trends.knack.be/economie/bedrijven/applaus-voor-de-studenten-die-chatgpt-gebruiken/article-opinion-1934277.html?cookie_check=1676034368