

Voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

J Nel

 **orcid.org/0000-0003-4995-2259**

Verhandeling voorgelê ter nakoming vir die graad *Magister Educationis* in Wiskunde-onderwys aan die Noordwes-Universiteit

Studieleier: Dr A Roux

Gradeseremonie: 2019

Studentenommer: 23517573

VERKLARING

Ek, die ondergetekende, verklaar hiermee dat die werk vervat in hierdie verhandeling, my eie oorspronklike werk is en dat ek dit nie voorheen, in geheel of gedeeltelik, by enige universiteit ingedien het vir 'n graad nie.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. de Vries', is centered within a light gray rectangular box.

Handtekening

11/10/2018

Datum

Kopiereg©2019 Noordwes-Universiteit (Potchefstroomkampus)

Alle regte voorbehou

VOORWOORD

Ek dra hierdie verhandeling op aan my Pa, Johan (J.S.J) Nel (1946-2006), wat nog altyd in my geglo het en my drome waar gemaak het.

BEDANKINGS

Ek wil graag my dank uitspreek teenoor die volgende persone:

1. Dankie aan my Pappa God wat my altyd die krag, wysheid en vermoë gegee het om hierdie navorsingstudie suksesvol af te handel.
2. Dr Annalie Roux, my studieleier en mentor wat hierdie navorsingstudie moontlik gemaak het. Ek is dankbaar vir haar deurlopende motivering, inspirasie en leiding tydens die uitvoer van hierdie navorsingstudie.
3. Dr Anja Visser vir haar beduidende bydrae en leiding. Ek kyk op na haar as 'n akademiese en liewe persoon met 'n diep liefde vir wat sy doen.
4. Prof Mary Grosser en Prof Hercules Nieuwoudt - dankie vir u kundigheid en tyd wat u hiertoe bygedra het.
5. My aanstaande, Pierre Cronjé, dankie vir jou motivering asook luister en begrip.
6. My Ma, Malinda Nel en skoonouers, Lizette Cronjé en Jan Cronjé, dankie vir julle oneindige liefde, ondersteuning, geduld en aanmoediging.
7. Dankie aan die universiteit en die deelnemers van hierdie navorsingstudie: sonder julle sou hierdie navorsingstudie nie moontlik gewees het nie.
8. Prof Annette Combrink dankie dat u my gehelp het met die taalversorging van hierdie verhandeling. U bydrae tot die ontwikkeling van my akademiese skryfwerk word baie waardeer.
9. Die Fakulteit Opvoedingswetenskappe aan die Noordwes-Universiteit (Potchefstroomkampus) vir die toekenning van 'n NWU Nagraadse Meestersgraadbeurs. Dankie dat jy my die geleentheid gegee het om as akademikus te groei.

OPSOMMING

Die onderrig van skoolwiskunde deur middel van probleemoplossing asook die implementering van kreatiewe denke in die senior- en VOO-fase is vir die meeste onderwysers 'n groot uitdaging. Alhoewel die wiskundekurrikulum beklemtoon dat die ontwikkeling van leerders se kreatiewe denke in alle aspekte van leer belangrik is, blyk dit steeds dat leerders te veel staat maak op roetineprosesse en algoritmes. Leerders is dus passiewe waarnemers in die wiskundeklaskamer. Juis as gevolg hiervan kry leerders nie die geleentheid om self te ontdek of vir hulleself te dink nie.

In hierdie navorsingstudie is gepoog om vas te stel wat senior- en VOO-voorgaadse wiskunde-onderwysers se oortuigings behels ten opsigte van kreatiewe denke. Hierdie navorsingstudie ondersoek ook senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers se implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. In hierdie navorsingstudie word gefokus op kreatiewe denke, wiskunde-probleemoplossing, oortuigings en daar word dan implisiet gekyk na self-gerigte leer.

Semi-gestruktureerde onderhoude is gevoer om duidelikheid te kry oor wat kreatiewe denke behels. Verder het deelnemers 'n probleemoplossingstaak voltooi om te ondersoek hoe kreatiewe denkvlakke die oplos van wiskunde-probleme beïnvloed.

Resultate toon dat die implementering van kreatiewe denke verskeie probleemoplossingsmetodes bevorder en andersom. Wat ook na vore kom in hierdie navorsingstudie is dat wiskunde-onderwys kreatiewe denke onderdruk deur gebruik te maak van reëls, prosedures en formules wat min ruimte laat vir ontdekking.

Sleutelwoorde: kreatiewe denke, oortuigings, voorgaadse wiskunde-onderwysers, wiskunde-probleemoplossing.

ABSTRACT

The teaching of school mathematics through problem-solving as well as the implementation of creative thinking in the senior and FET phase are major challenges for most teachers. Although the mathematics curriculum emphasizes that the development of learners' creative thinking in all aspects of learning is important, it still appears that learners give too much regard to routine processes and algorithms. Learners are therefore passive observers in the mathematics classroom. Because of this, learners do not get the opportunity to discover for themselves or think for themselves.

In this research study, I attempted to determine what senior and FET undergraduate mathematics teachers' beliefs involve in creative thinking. This research study also examines senior and FET phase undergraduate mathematics teachers' implementation of creative thinking during math problem-solving. This study therefore focuses on creative thinking, math problem-solving, beliefs and implicitly looking at self-directed learning.

Semi-structured interviews were conducted to clarify what creative thinking entails. In addition, participants completed a problem-solving task to investigate how creative thinking levels affect the solving of mathematical problems.

Results show that the implementation of creative thinking promotes multiple problem-solving methods and vice versa. What is also apparent in this study is that present ways of mathematics teachers suppresses creative thinking by using rules, procedures and formulas that leave little room for discovery.

Keywords: beliefs, creative thinking, math problem-solving, undergraduate mathematics teachers.

INHOUDSOPGAWE

VERKLARING	I
VOORWOORD	II
BEDANKINGS	III
OPSOMMING	IV
ABSTRACT	V
HOOFSTUK 1: PROBLEEMSTELLING EN ORIËTERING.....	1
1.1 Inleiding.....	1
1.2 Verklaring van konsepte	1
1.2.1 Voorgraadse wiskunde-onderwysers	2
1.2.2 Oortuigings	2
1.2.3 Kreatiewe denke.....	3
1.2.4 Wiskunde-probleemoplossing	4
1.3 Agtergrond tot die probleemstelling	4
1.4 Navorsingsprobleem	7
1.5 Navorsingsvrae.....	8
1.6 Doelwitte van die navorsingstudie	9
1.7 Literatuurstudie	9
1.8 Navorsingsontwerp	9
1.8.1 Navorsingsmetodologie	10
1.8.2 Navorsingsparadigma.....	10
1.8.3 Steekproef	10
1.8.4 Data-insamelingmetodes	10
1.8.5 Data-analisemetodes.....	10

1.8.6	Vertrouenswaardigheid	11
1.8.7	Etiese oorwegings	11
1.9	Opsomming en uiteensetting van hoofstukke in hierdie navorsingstudie	11
HOOFSTUK 2: TEORETIESE RAAMWERK VIR KREATIEWE DENKE TYDENS WISKUNDE PROBLEEMOPLOSSING		13
2.1	Inleiding.....	13
2.2	Kreatiwiteit	13
2.2.1.	Faktore van kreatiwiteit.....	17
2.2.1.1.	Proses	17
2.2.1.2.	Produk	17
2.2.1.3.	Persoon	17
2.2.1.4.	Plek	18
2.3	Kreatiewe denke	20
2.3.1.	Vier dimensies van kreatiewe denke.....	22
2.3.1.1.	Vlotheid	22
2.3.1.2.	Buigsaamheid.....	23
2.3.1.3.	Oorspronklikheid.....	23
2.3.1.4.	Uitbreiding	23
2.4	Kreatiewe denke in skoolwiskunde.....	23
2.5	Onderrig en leer van skoolwiskunde deur middel van probleemoplossing.....	25
2.6	Die rol van kreatiewe denke in probleemoplossing	29
2.7	Self-gerigte leer en kreatiewe denke	32

2.8	Samevattende oorsig: onderwysers, kreatiewe denke en wiskunde- probleemoplossing.....	34
2.9	Oortuigings	36
2.9.1.	Oortuigings oor kreatiewe denke	36
2.9.2.	Oortuigings oor kreatiewe denke en probleemoplossing.....	37
2.10.	Samevatting	38
HOOFSTUK 3: NAVORSINGSONTWERP EN METODOLOGIE		39
3.1.	Inleiding.....	39
3.2.	Navorsingsontwerp	39
3.3.	Navorsingsmetodologie	40
3.4.	Navorsingsparadigma	41
3.5.	Steekproef.....	41
3.6.	Data-insamelingsmetodes	42
3.6.1.	Semi-gestruktureerde onderhoude	42
3.6.2.	Probleemoplossingstaak.....	44
3.6.3.	Taakgebaseerde onderhoude.....	44
3.6.4.	Observasieskedule	45
3.7.	Data-analisemetodes.....	45
3.7.1.	Inhoudsanalise	45
3.7.2.	Kreatiewe denke evalueringsrubriek	46
3.8.	Vertrouenswaardigheid.....	47
3.9.	Etiese oorwegings.....	48
3.9.1.	Etiese kwessies	49

3.9.2.	Etiese kwessies in die doel en vrae	49
3.9.3.	Etiese kwessies in die data-insameling.....	49
3.9.4.	Etiese kwessies in die data-analise en interpretasie	50
3.9.5.	Etiese kwessies in die skryf en verspreiding van die navorsing	50
3.10.	Samevatting	50
HOOFSTUK 4: ONTLEDING EN INTERPRETASIE VAN DATA		51
4.1.	Inleiding.....	51
4.2.	Deelnemer onderhoud response	51
4.2.1.	Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van skoolwiskunde	51
4.2.1.1.	Resultate van die response	52
4.2.1.2.	Interpretasie van die response en temas	52
4.2.2.	Oortuigings van Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers ten opsigte van memorisering en inoefening in skoolwiskunde	53
4.2.2.1.	Resultate van die response	53
4.2.2.2.	Interpretasie van die response en temas:	54
4.2.3.	Skoolwiskunde en die bemeestering van die korrekte antwoord	55
4.2.3.1.	Resultate van die response:	55
4.2.3.2.	Interpretasie van die response en temas	55
4.2.4.	Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van kreatiewe denke	56
4.2.4.1.	Resultate van die response	56
4.2.4.2.	Interpretasie van die response en temas:	57
4.2.5.	Stimulering van kritiese en kreatiewe denke in die wiskundeklaskamer	57

4.2.5.1.	Resultate van die response:	57
4.2.5.2.	Interpretasie van die response en tema.....	58
4.2.6.	Die implementering van verskillende onderrigmetodes	58
4.2.6.1.	Resultate van die response	58
4.2.6.2.	Interpretasie van die response en tema.....	59
4.2.7.	Senior-en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van probleem-oplossing	59
4.2.7.1.	Resultate van die response	60
4.2.7.2.	Interpretasie van die response en temas:	60
4.2.8.	Aanmoediging van probleemoplossingsmetodes om 'n probleem op verskeie wyses op te los.....	61
4.2.8.1.	Resultate van die response	61
4.2.8.2.	Interpretasie van die response en tema.....	62
4.2.9.	Kreatiewe denke tydens die uitvoer van wiskunde probleme	62
4.2.9.1.	Resultate van die response	62
4.2.9.2.	Interpretasie van die response en tema.....	63
4.3.	Probleemoplossingstaak en taakgebaseerde onderhoude	63
4.3.1.	Inleiding	63
4.3.2.	Resultate van probleem 1.....	64
4.3.3.	Analise en interpretasie van probleem 1 se resultate.....	66
4.3.4.	Resultate van probleem 2.....	68
4.3.5.	Analise en interpretasie van probleem 2 se resultate.....	71
4.3.6.	Resultate van probleem 3.....	72

4.3.7.	Interpretasie van probleem 3 se resultate	75
4.3.8.	Samevatting	76
HOOFSTUK 5: SAMEVATTING.....		77
5.1.	Inleiding.....	77
5.2.	Samevatting van die studie.....	77
5.2.1.	Hoofstuk 1	77
5.2.2.	Hoofstuk 2	77
5.2.3.	Hoofstuk 3	77
5.2.4.	Hoofstuk 4	78
5.3.	Bevindings met betrekking tot die doelwitte van die studie.....	78
5.3.1.	Sekondêre doelwit 1: om te ondersoek wat kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing behels	78
5.3.2.	Sekondêre doelwit 2: om vas te stel watter oortuigings senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers het oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.....	78
5.3.3.	Primêre doelwit: om senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde- onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing te ondersoek.	79
5.4.	Beperkings van die studie	79
5.5.	Aanbevelings vir toekomstige navorsing	80
5.6.	Samevatting	80
BIBLIOGRAFIE.....		81
BYLAAG A: WERWINGSDOKUMENT		90
BYLAAG B: INGELIGTE TOESTEMMINGSBRIEF		91
BYLAAG C: LETTER OF INFORMED CONSENT		94
BYLAAG D1: ONDERHOUDSKEDULE VIR SEMI-GESTRUKTUREERDE ONDERHOUDE		97

BYLAAG D2: INTERVIEW SCHEDULE FOR SEMI-STRUCTURED INTERVIEWS.....	99
BYLAAG E: OBSERVASIESKEDULE.....	101
BYLAAG F1: PROBLEEMOPLOSSINGSTAAK.....	102
BYLAAG F2: PROBLEM SOLVING TASK.....	104
BYLAAG G1: TAAKGEBASEERDE ONDERHOUDSKEDULE.....	106
BYLAAG G2: TASK-BASED INTERVIEW SCHEDULE.....	107
BYLAAG H: SEMI-GESTRUKTUREERDE ONDERHOUDE: INHOUDSANALISE.....	108
BYLAAG I: TITELREGISTRASIE.....	114
BYLAAG J: ETIEKSERTIFIKAAT.....	115
BYLAAG K: NWU RDGC PERMISSION LETTER.....	116
BYLAAG L: TAALVERSORGINGSERTIFIKAAT.....	117
BYLAAG M: TEGNIESE VERSORGING.....	118
BYLAAG N: TURNITIN VERSLAG.....	119

LYS VAN TABELLE

Tabel 1.1:	Struktuur vir navorsingstudie	12
Tabel 2.1:	Kognitiewe kategorieë van Bloom se taksonomie	15
Tabel 2.2:	Voordele wat kreatiewe denke aan leerders bied	21
Tabel 2.3:	Dimensies van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing	31
Tabel 3.1:	Kreatiewe denke evalueringsrubriek aangepas uit Black (1990).....	47

LYS VAN FIGURE

Figuur 2.1:	Kreatiwiteit	16
Figuur 2.2:	Vier fases van leer (Merril, 2002:44)	26
Figuur 2.3:	Interaksie tussen probleemoplossing en kreatiwiteit (kreatiewe denke) in wiskunde (Arikan & Ünal, 2015:1404).	30
Figuur 2.4:	Drie fases van self-gerigte leer (Zumbrunn, Tadlock & Roberts, 2011:6).....	33
Figuur 3.1:	Navorsingsontwerp	40
Figuur 4.1:	Probleem 1	64
Figuur 4.2:	Probleem 2	68
Figuur 4.3:	Probleem 3	72

HOOFSTUK 1: PROBLEEMSTELLING EN ORIËTERING

1.1 Inleiding

Een doel van wiskunde-onderrig is om wiskundige kreatiwiteit te bevorder. Hierdie besorgdheid het egter dusver min invloed op navorsing gehad, aangesien daar min studies bestaan oor kreatiwiteit in skoolwiskunde-onderrig (Aktas, 2016:42). Onderwysers speel beslis 'n sleutelrol in die ontwikkeling van kreatiwiteit as gevolg van die feit dat hulle die belangrikste bemiddelaars tussen die kurrikulum- en klaskamerpraktyke is. Aan die ander kant is min bekend oor hoe wiskunde-onderwysers kreatiwiteit konseptualiseer (Aktas, 2016:42).

Kreatiewe denke in skoolwiskunde is vir die meeste leerders en onderwysers 'n groot uitdaging, aangesien die onderrig en leer van skoolwiskunde op hoërskoolvlak klem plaas op die bemeestering van algoritmes en roetineprosedures. Juis as gevolg hiervan word kreatiewe denke onderdruk in skole (Mrayyan, 2016:84). Dié navorsingstudie fokus op hierdie onderdrukking van kreatiwiteit deur ondersoek in te stel na senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

Dit is belangrik dat ons weet hoe kreatiewe denke deur wiskunde-probleemoplossing ontwikkel kan word. Gedurende die tyd wat ek as deel van my akademiese program praktiese onderwys aan skole bestee het, het ek belang gestel om kreatiewe denke in die skoolwiskunde-klaskamer asook wiskunde-probleemoplossing en onderwysers se oortuigings oor die implementering van kreatiewe denke in skoolwiskunde te ondersoek. Die bevordering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing het ook vir my gedien as 'n kernaspek in die onderrig en leer van skoolwiskunde.

Hierdie hoofstuk bied 'n basiese oriëntering vir hierdie navorsingstudie. Die aspekte wat in hierdie hoofstuk aangespreek word, is verklaring van konsepte (*cf.* 1.2); agtergrond tot die probleemstelling (*cf.* 1.3); navorsingsprobleem (*cf.* 1.4); navorsingsvrae (*cf.* 1.5); doelwitte van die studie (*cf.* 1.6); literatuurstudie (*cf.* 1.7); navorsingsontwerp (*cf.* 1.8) opsomming en uiteensetting van die hoofstukke in hierdie navorsingstudie (*cf.* 1.9).

In die volgende afdeling bespreek ek die verklaring van konsepte vir die navorsingstudie.

1.2 Verklaring van konsepte

Om 'n breë begrip rakende die onderwerp van die studie te verskaf, word die volgende sleutelkonsepte geïdentifiseer en kortliks beskryf: voorgraadse wiskunde-onderwysers; oortuigings; kreatiewe denke; en wiskunde-probleemoplossing.

1.2.1 Voorgaadse wiskunde-onderwysers

In die navorsingstudie verwys voorgaadse wiskunde-onderwysers na vierdejaar (finalejaar) BEd wiskunde-onderwysstudente in die senior- en verdere onderwys en opleidingsfase (senior- en VOO-fase) by die Noordwes-Universiteit.

Volgens die *Department of Higher Education and Training* (DHET, 2015) moet 'n finalejaarstudent oor geïntegreerde kennis beskik van een of meer hoofareas. Die finalejaarstudent moet die sleutelterm, konsepte, feite, beginsels, reëls, teorieë en gedetailleerde kennis van 'n domein kan bemeester en evalueer (DHET, 2015).

1.2.2 Oortuigings

Vele navorsers het uitgelig dat daar nie 'n internasionaal aanvaarbare definisie is vir oortuigings nie (Goldin *et al.*, 2016:11). Daar is verskeie kategorieë oor die betekenis van oortuigings in die literatuur. In die algemeen strek oortuigings oor wiskunde oor verskeie kategorieë vanaf 'n staties, prosedureel gedrewe domein van feite en formules tot 'n dinamiese domein van kennis gebaseer op die verstaan ("*sense making*") en die soeke na patrone (Goldin *et al.*, 2016:11). Daar is baie bewyse in die literatuur oor wiskunde-onderwys dat wiskunde-onderwysers wiskunde sien as 'n vaste en sekvensiële liggaam van kennis, waar effektiewe wiskunde leer herhalende en algoritmiese prosedures behels (Prescott & Cavanagh, 2006:424).

Onderwysers se oortuigings blyk hulle oorsprong te vind in persoonlike ervaring, ervaring met die onderrig van wiskunde op skool asook ervaring van voorkennis (Goldin *et al.*, 2016:11). Wiskunde-onderwysers se oortuigings is dikwels diep gewortel en is algemeen bekend om moeilik te verander (Prescott & Cavanagh, 2006:424). Daarom kan dit moeilik wees vir wiskunde-onderwysers om onderrigpraktyke aan te pas of te verander byvoorbeeld 'n probleemoplossende benadering waar leerders idees vir hulleself moet konstrueer (Prescott & Cavanagh, 2006:424).

Ernest (1989) verwys wel na drie tipes oortuigings oor die aard van wiskunde, naamlik die instrumentalistiese oortuiging, die platonistiese oortuiging en die probleemoplossende oortuiging (*cf.* 2.8). Die drie soorte bepaalde oortuigings gaan gebruik word as kriteria vir hierdie navorsingstudie om die oortuigings oor kreatiewe denke van voorgaadse wiskunde-onderwysers te bepaal. Volgens Leikin (2009:129) is daar geen gesaghebbende oortuiging oor kreatiwiteit nie. Daar is 'n verskeidenheid van oortuigings oor kreatiwiteit en hulle bly voortdurend verander oor tyd (Leikin, 2009:129).

1.2.3 Kreatiewe denke

Vir die doel van hierdie navorsingstudie is kreatiewe denke die vermoë om anders te dink, en om aan verskeie moontlike wiskunde-oplossings en -metodes te dink. Tydens die kreatiewe denkproses word daar van die wiskunde-onderwyser vereis om nie slegs aan voorgeskrewe standaardmetodes te voldoen nie (Piggott, 2007:3; Mrayyan, 2016:92). Die klem val eerder op innoverende strategieë en metodes wat die wiskunde-onderwyser binne die kreatiewe denkproses moet demonstreer (Piggott, 2007:3; Mrayyan, 2016:92).

Ten spyte van die wydverspreide verklarings oor die ontwikkeling van kreatiwiteit in wiskunde-onderwys, is daar nie 'n enkele aanvaarde definisie vir kreatiwiteit nie (Sinitsky, 2015:1080; Mann, 2006:238; Yuan & Sriraman, 2011:5; Leiken, 2009:129). Verskillende standpunte oor die definisie van kreatiwiteit bestaan binne die literatuur en kan verskil van een kultuur na 'n ander (Wessels, 2014:23).

Volgens Siswono (2010:17) is kreatiewe denke in wiskunde 'n kombinasie van logiese en uiteenlopende denke wat gebaseer is op intuïsie, maar 'n bewustelike doelwit het. Divergente denke behels die kreatiewe generering van verskeie oplossings op 'n probleem of verskynsel, en word meer dikwels beskryf as buigsame denke (Leiken, 2009:129). Volgens Panaoura en Panaoura (2014:1) kan kreatiewe denke in wiskunde op verskeie maniere gekenmerk word, naamlik:

- die gebruik van nie-algoritmiese besluitneming; en
- divergente en buigsame denke wat 'n persoon toelaat om baie verskillende moontlikhede en perspektiewe na te streef in die oplossing van 'n probleem.

Volgens Leikin (2009:130) is daar 'n onderskeid tussen algemene en spesifieke kreatiwiteit. Algemene kreatiwiteit hou verband met die gebruik van probleemoplossende patrone van een domein in die oplossing van probleme in 'n ander domein (Leikin, 2009:130). Spesifieke kreatiwiteit lei tot kreatiwiteit in 'n spesifieke domein deur die logiese-deduktiewe aard van die bepaalde domein (in dié geval wiskunde) in ag te neem (Leikin, 2009:130). In hierdie navorsingstudie sal die fokus val op spesifieke kreatiwiteit.

Volgens Leikin (2009:129) het Torrance (1974) 'n definisie vir kreatiwiteit voorgestel wat as basis gedien het om kreatiwiteit te identifiseer. Die definisie is gebaseer op vier verbandhoudende dimensies, naamlik vlotheid, buigsaamheid, oorspronklikheid en uitbreiding (Leikin, 2009:129). Volgens Sinitsky (2015:1080) het Leikin (2009) die model van kreatiwiteit vereenvoudig as 'n spesifieke kombinasie van vier dimensies, naamlik vlotheid, buigsaamheid en oorspronklikheid

en uitbreiding wat dit moontlik maak om verskillende komponente van kreatiwiteit te meet. Hierdie vier dimensies gaan gebruik word as kriteria in die navorsingstudie om die kreatiwiteit (kreatiewe denke) van die voorgraadse wiskunde-onderwysers wat deelneem te bepaal.

1.2.4 Wiskunde-probleemoplossing

Probleemoplossing staan sentraal tot die dissipline van wiskunde en die aard van wiskundige denke (Silver, 1997:75).

Probleemoplossing, soos gebruik in die literatuur van wiskunde-onderwys, verwys na die proses waar individue voor 'n probleemsituasie te staan kom waar 'n algoritmiese prosedure nie noodwendig 'n oplossing sal waarborg nie (Tripathi, 2009:167; Latterell & Wilson, 2013:387). Volgens die *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 2000:52) is probleemoplossing die beoefening van 'n taak waarvan die oplossing van hierdie taak nie vooraf bekend is nie.

Volgens Polya (1945) bestaan wiskunde-probleemoplossing uit verskeie aktiwiteite, naamlik dat die leerling die probleem moet verstaan, 'n plan ontwikkel, uitvoering aan die plan gee en refleksie doen (Siswono, 2010:20). Die individue moet eerstens die probleem aandagtig deurlees, tweedens analiseer en derdens hulle eie relevante wiskundige kennis ondersoek ten einde 'n effektiewe strategie te gebruik om die oplossing te vind (Tripathi, 2009:167). Leerders moet ook hulle wiskundige idees op 'n nuwe wyse integreer om die probleem op 'n nuwe en innoverende wyse op te los (Latterell & Wilson, 2013:387).

Wessels (2014:22) verduidelik voorts dat wiskunde-probleemoplossing die volgende aspekte kan bevorder: kommunikasie; kritiese denke; kreatiewe denke; analise; organisasie; eksperimentering; sintese; veralgemening; geldigheid; deursettingsvermoë; en sistematiese opname van inligting.

1.3 Agtergrond tot die probleemstelling

Die kern van wiskunde is om kreatief te dink (Mann, 2006:239). Twintigste-eeuse wiskunde-onderwys handel oor nuwe lewenswerklike probleme, wat kreatiewe denkvaardighede asook produktiewe wyses van leer koester (Yong & Kiong, 2005:1). In die meeste senior- en VOO-fase wiskundeklaskamers word leerders onderrig asof skoolwiskunde slegs oor reëls en prosedures handel en blyk dit dat leerders steeds te veel staatmaak op roetine-prosedures en algoritmes (Idris, 2006:105; Aktas, 2016:43). Daar moet dus meer klem geplaas word op kreatiewe wyses waarin die uitdrukking van idees en wiskunde-probleemoplossing vertoon word (Idris, 2006:105). Kreatiwiteit word onderdruk deur wiskunde-onderwysers (Mrayyan, 2016:84). Beghetto en Kaufman (2014) stem saam dat kreatiwiteit dikwels verwaarloos word in skole asook onderdruk

word. Die oortuigings wat onderwysers inhou oor onderrig en leer, kan ook beïnvloed of kreatiewe denke ondersteun of onderdruk sal word (Beghetto & Kaufman, 2014). Juis hierom stel hierdie navorsingstudie ondersoek in na senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

Kreatiewe denke het die potensiaal om te sorg vir positiewe verandering in wiskunde-onderrig. Kreatiewe denke is 'n gewenste vaardigheid vir die 21ste eeu (Beghetto, 2007:1), want navorsers, onderwysers en politici beskou kreatiewe denke as 'n komponent in die bevordering van ekonomiese produksie en 'n motiverende faktor in die onderwys (Aktas, 2016:42). Kreatiwiteit vorm 'n essensiële deel van wiskunde (Mastuti *et al.*, 2016:32; Wessels, 2014:22), aangesien uitdagende wiskunde-probleme kreatiewe denke vereis (Vale & Barbosa, 2015:103). Kreatiwiteit is ook voorgestel as een van die belangrikste komponente wat in wiskunde-onderrig ingesluit moet word, aangesien dit byna in elke veld as belangrik beskou word en “the essence of mathematics is thinking creatively” (Mann, 2006:236; Mastuti *et al.*, 2016:32; Wessels, 2014:22).

Volgens Wessels (2014:22) word kreatiwiteit en probleemoplossing beskou as belangrike boustene vir globale en persoonlike sukses in die 21ste eeu. Navorsing toon 'n noue verband tussen probleemoplossing en kreatiwiteit (Vale & Barbosa, 2015:101). Hierdie verband kan gekenmerk word deur drie dimensies, naamlik vlotheid (“*fluency*”), buigsaamheid (“*flexibility*”) en oorspronklikheid (“*originality*”) (*cf.* 4.1 vir verdere definisies). Probleemoplossing is 'n kreatiewe proses en 'n kernkomponent van wiskunde (Piggott, 2007:3). Hieruit kan die afleiding gemaak word dat probleemoplossing aan die hart lê van leerderkreatiwiteit in wiskunde-klaskamers en effektiewe onderrig-leer van kreatiwiteit in skoolwiskunde (Sriwongchai, Jantharajit & Chookhampaeng, 2015:77).

Die Nasionale Kurrikulum- en Assesseringsbeleidsverklaring (KABV) (Departement van Basiese Onderwys [DBO], 2011:4), wat steeds hervorming in die Suid-Afrikaanse onderwysstelsel rig, het ten doel om leerders beter toe te rus vir die veranderinge en uitdagings van die 21ste eeu (Grosser, 2017). Leerders moet onder meer in staat wees om wiskunde-prosesvaardighede te identifiseer, te ondersoek, en probleme op 'n kreatiewe en kritiese wyse op te los (DBO, 2011:4). Hierdie kurrikulum beklemtoon dus beide uitkomstes en denkwyses. Daarom is skoolwiskunde nie net 'n rigiede onderwerp wat een oplossing en een wyse om 'n probleem op te los nodig het nie, maar 'n vak met 'n breër omvang wat 'n kombinasie van algoritmies-konvergente en kreatiewe divergente taakverrigting moontlik maak (Bishara, 2016:2). Hoewel dit 'n gewenste doel is, is 'n gemiddeld van net 13.3% deur Graad 9-leerders in die *Annual National Assessments for Mathematics* in 2014 behaal (DBO, 2014). Dié statistiek dui daarop dat die ontwikkeling van die voorgenoemde vaardighede problematies is. 'n Geleidelike afname in die Graad 12 wiskunde-

slaagsyfer van 59,1% in 2013 tot 49,1% in 2015 (Shezi, 2016) en groep slaagsyfer van 40,2% in 2016 en 30,8% in 2017 is ook rede tot kommer (Evans, 2017). Die belang van kreatiewe denke in die wiskunde-klaskamer is een van die veranderinge wat dus volgens die nuwe KABV pertinente aandag behoort te kry.

Die KABV vir Graad R-12 is daarop gerig om leerders se kennis en vaardighede te ontwikkel vir die alledaagse lewe en vir hulle beroepslewe na skool (DBO, 2011:4). Daarom is dit noodsaaklik om vir leerders diverse geleenthede te skep ten einde hulle probleemoplossingsvaardighede te ontwikkel vir die lewenslange leer van wiskunde (Vale & Barbosa, 2015:101). Die bemeestering van algoritmes en roetineprosesse moet nie die einddoel wees van wiskunde-onderrig nie: hierdie prosedurele hulpmiddels moet eerder die geleentheid skep om te verken, te ontdek en om sin te maak van die wiskunde (Vale & Barbosa, 2015:101). Die prosedurele hulpmiddels moet leerders betrek in ryk wiskundige verkenninge, hul motivering verhoog en hulle aanmoedig om te ondersoek, besluite te neem, patrone en verbindings te soek, te kommunikeer, idees te bespreek en alternatiewe paaie te identifiseer (Vale & Barbosa, 2015:101).

In die algemene doelwitte van die KABV (DBO, 2011:5; Wessels, 2014:23) word kreatiewe denke aangedui as 'n gewenste vaardigheid wat by leerders ontwikkel moet word. Die KABV beklemtoon dat leerders die volgende moet kan doen, naamlik 'identifiseer en los probleme op en neem besluite deur kritiese en kreatiewe denke' (DBO, 2011:5; Wessels, 2014:23). Alhoewel die algemene doelwitte van die KABV kreatiewe denke as 'n gewenste vaardigheid aandui, kom die terme 'kreatiewe denke' en 'kreatiwiteit' nie weer in die dokument voor nie, en geen riglyne word gegee vir die ontwikkeling van kreatiewe denke in wiskunde nie (Wessels, 2014:23). Na aanleiding van die voorgenoemde word daar nie genoeg aandag gegee aan kreatiewe denke in die KABV nie. In die KABV is kreatiewe denke 'n gewenste vaardigheid vir skoolwiskunde-onderrig, maar in praktyk word skoolwiskunde beskou as een van die vakke wat minder geleenthede bied vir kreatiwiteit. Hierdie konteks het aangevoer dat kreatiewe denke deur onderwysers in 'n vak soos skoolwiskunde verwaarloos word, waar die verkryging van algoritmes as superieur beskou word en kreatiwiteit as afleiding beskou word (Aktas, 2016:43).

Kreatiwiteit word menigmaal deur wiskunde-onderwysers onderdruk (Mrayyan, 2016:84). Meintjes en Grosser (2010:363) verwys na die klaarblyklike onvermoë van onderwysers om geleenthede wat deur die kurrikulum en nuwe paradigma geskep word, aan te gryp. Leerders in wiskunde-klaskamers is dikwels passiewe waarnemers van skoolwiskunde, wat min ruimte laat vir die entrepreneur of kreatiewe denker (Piggott, 2007:3, Aktas, 2016:43). Kreatief-wees in wiskunde word as 'n risiko beskou, wat kreatiewe denke in wiskunde-onderrig beperk (Grégoire, 2016:31). Leerders word onderrig asof skoolwiskunde slegs oor reëls en prosedures handel

(Idris, 2006:105). Daarom blyk dit dat leerders steeds te veel staatmaak op roetineprosesse en algoritmes (Idris, 2006:105). Wanneer leerders probleme in die gesig staar, moet hulle die vaardigheid hê om alternatiewe oplossings vir 'n probleem te vind, wat die essensie is van die kreatiewe proses (Mrayyan, 2016:92). Volgens Wessels (2014:25) lei die gebruik van oopeind-probleme tot verskeie interpretasies en 'n verskeidenheid van oplossings. Wessels (2014:25) beweer dat die oplossing van hierdie soort probleme kreatiewe denke in wiskunde ontwikkel. Grégoire (2016:24) beklemtoon dat die doel van wiskunde-onderrig moet wees om leerders kreatief te laat dink. Om dié rede dat kreatiewe denke, self-gerigte leer bevorder wat sodoende leer bevorder en divergente denke stimuleer (Storm & Storm, 2002:194). Uit die voorgenoemde blyk dit dat kreatiewe denke tydens probleemoplossing nie in die praktyk beoefen word nie, alhoewel dit in die literatuur beklemtoon word.

Volgens Mastuti *et al.* (2016:33) kan onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke in wiskunde 'n probleem wees. Alhoewel meeste onderwysers beweer dat hulle kreatiwiteit waardeur, dui hulle oortuigings op 'n negatiewe ingesteldheid jeens kreatiewe leerders (Mastuti *et al.*, 2016:33). Kreatiewe denke in wiskunde-onderrig word dikwels verwerp en daar moet dus meer klem geplaas word op kreatiewe wyses waarop die uitdrukking van unieke idees, unieke antwoorde en probleemoplossing in wiskunde getoon word (Idris, 2006:105). Daar is bevind dat selfs voorgraadse-onderwysers reeds 'n persepsie ontwikkel dat leerders wat unieke antwoorde gee, ontwrigting in die klaskamer veroorsaak (Mastuti *et al.*, 2016:33). Om dié rede is dit belangrik om die oortuigings oor kreatiewe denke van voorgraadse-onderwysers te ondersoek terwyl hulle opleiding ontvang om toekomstige onderwysers te word (Beghetto, 2007:8). Op hierdie wyse kan voorgraadse-onderwysers se problematiese oortuigings geïdentifiseer en aangeroei word ten einde hulle oortuigings en toekomstige praktyk te ondersteun en te versterk (Beghetto, 2007:8; *cf.* 2.2 vir bepaalde oortuigings). Om dié rede het die navorsingstudie ten doel om ondersoek in te stel na voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. Volgende fokus ek op die navorsingsprobleem.

1.4 Navorsingsprobleem

Die navorsingsprobleem geïdentifiseer vir hierdie navorsingstudie ontstaan deur die navorser se eie waarnemings en ervarings dat die meeste wiskundeklaskamers in die Suid-Afrikaanse konteks kreatiewe denke uitsluit. Wiskunde-onderwysers se negatiewe oortuigings teenoor kreatiwiteit veroorsaak dat leerders nie betrokke raak by die konstruksie van kennis nie.

Dit is nodig om voorgraadse wiskunde-onderwysers te oortuig dat kreatiewe denke 'n gewenste vaardigheid is, asook om kreatiewe denke te implementeer om hulle te ondersteun en aan te

moedig om vir hulle toekomstige leerders die geleentheid te skep om unieke idees te genereer, innoverend te wees en om kreatief te dink tydens die oplos van verskeie wiskunde-probleme (Beghetto, 2007:8). Die navorsingsliteratuur wat toegewy is aan die ontleding van onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke, toon dat hierdie kwessie onderontwikkel is in wiskunde-onderwysnavorsing (Aktas, 2016:43). Aktas (2016:43) argumenteer verder dat alhoewel baie wiskunde-onderwysers die groei van kreatiewe denke waardeer, die meeste van hulle nie die noodsaaklike vaardighede het om leerders se kreatiwiteit te versterk nie.

Alhoewel kreatiewe denke as 'n gewenste vaardigheid beskou word, blyk dit dat dit nie in die Suid-Afrikaanse konteks aangemoedig word nie en dat meeste onderwysers nie oor die vermoë beskik om geleenthede vir kreatiewe denke te skep nie (Meintjes & Grosser, 2010:365).

Voorts is dit ook belangrik dat ondersoek ingestel word na kreatiewe denke in wiskunde-probleemoplossing sodat hierdie voorgraadse wiskunde-onderwysers kan bydra tot die verbetering van die huidige stand van wiskunde-onderwys in Suid-Afrika. Die belang van kreatiewe denke in die wiskunde-klaskamer, maar ook die probleem ten opsigte van die implementering daarvan, wat al op verskeie terreine waargeneem is, blyk uit die vele literatuurbesprekings.

Die navorsingsprobleem wat in hierdie studie ondersoek is, is die oortuigings van voorgraadse wiskunde-onderwysers oor kreatiewe denke, asook hulle implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. Om hierdie navorsingsprobleem aan te spreek, is navorsingsvrae in die volgende afdeling geformuleer.

1.5 Navorsingsvrae

Die primêre vrae onderliggend aan die navorsingstudie is:

- Hoe implementeer voorgraadse wiskunde-onderwysers kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?
- Hoe beïnvloed oortuigings oor kreatiewe denke voorgraadse wiskunde-onderwysers se implementering daarvan tydens wiskunde-probleemoplossing?

Die volgende sekondêre vrae spruit uit die primêre vrae:

- Wat behels kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?
- Watter oortuigings het senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?

1.6 Doelwitte van die navorsingstudie

Die primêre doelwit van die navorsingstudie is om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing te ondersoek.

Die volgende sekondêre doelwitte is geïdentifiseer:

- om te ondersoek wat kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing behels;
- om vas te stel watter oortuigings senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers het oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

'n Kort opsomming en uiteensetting van die navorsingsontwerp in hierdie navorsingstudie volg in die volgende afdeling.

1.7 Literatuurstudie

Die literatuurstudie bestaan uit 'n in-diepte studie van die literatuur beskikbaar oor kreatiewe denke, wiskunde-probleemoplossing en die oortuigings oor kreatiewe-denke tydens wiskunde-probleemoplossing. Die literatuurstudie is onderneem om kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing te ontleed en om vas te stel watter oortuigings senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers het oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

'n Literatuursoektog is op die ERIC-databasis, EBSCO-Host, Suid-Afrikaanse tydskrifte en internet soekenjins onder die volgende trefwoorde gedoen: *creative thinking*; *mathematics problem solving*; *creative mathematics problem solving*; *creative mathematics classroom*; *levels of creative thinking*, *creative thinking perceptions*. Daar was genoeg literatuur om 'n doeltreffende literatuurstudie uit te voer. Hoofstuk 2 van hierdie navorsingstudie gee 'n verdere verduideliking van die literatuur wat gebruik is.

1.8 Navorsingsontwerp

Hierdie studie behels navorsing deur middel van 'n kwalitatiewe fenomenologiese benadering. Die navorsingsontwerp vir hierdie navorsingstudie behels die metodologie, paradigma, seleksie van deelnemers, metodes van data-insameling en die data-analise. Die keuse van hierdie spesifieke ontwerp word verder in Hoofstuk 3 verduidelik.

1.8.1 Navorsingsmetodologie

Die term metodologie word beskryf as die brug wat 'n filosofiese standpunt en 'n metode (perspektief en hulpmiddel) tot 'n eenheid voeg (Nieuwenhuis, 2016a:51). Vir die doel van hierdie navorsingstudie is fenomenologie as die navorsingsmetodologie gebruik. Dié metodologie is geskik vir die doel van die navorsingstudie omdat ek eerstehandse ervaring gekry het deur met die deelnemers te kommunikeer. Die fenomenologiese navorsingsmetodologie word verder in diepte in Hoofstuk 3 ondersoek.

1.8.2 Navorsingsparadigma

Die navorsingsparadigma wat hierdie navorsingstudie komplementeer is interpretivisme. Volgens Nieuwenhuis (2016a:60) word interpretivisme sterk beïnvloed deur fenomenologie en hierdie paradigma komplementeer fenomenologie. Vanweë hierdie sterk verband, is interpretivisme geskik vir die doel van hierdie navorsingstudie. Interpretivisme is ook van toepassing op die navorsingsvraag, want dit onderlê die aspirasies van die navorser om insig te verkry oor die deelnemers se oortuigings oor kreatiewe denke en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. Die keuse van hierdie spesifieke navorsingsparadigma word verder in diepte in Hoofstuk 3 bespreek.

1.8.3 Steekproef

'n Doelgerigte seleksie van deelnemers is aangewend. Die steekproef bestaan uit twaalf senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysstudente in hulle finale jaar aan 'n Suid-Afrikaanse Universiteit. Ek brei uit oor die steekproef en navorsingsomgewing in Hoofstuk 3.

1.8.4 Data-insamelingmetodes

Data vir die navorsingstudie is ingesamel deur middel van semi-gestruktureerde onderhoude, 'n probleemoplossingstaak, taakgebaseerde onderhoude en 'n observasieskedule. Hierdie data-insamelingmetodes het my in staat gestel om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing vas te lê. Al hierdie data-insamelingmetodes wat uitgevoer is, word verder bespreek in Hoofstuk 3.

1.8.5 Data-analisemetodes

Die ingesamelde data is op twee afsonderlike wyses geanaliseer. Die verskeie onderhoude en observasieskedule is met behulp van inhoudsanalise geanaliseer en die probleemoplossingstaak is met behulp van 'n kreatiewe denke evalueringsrubriek geanaliseer. Die data is verder

geïntegreer om 'n dieper begrip te verkry oor senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. Albei hierdie analisemetodes word verder in Hoofstuk 3 uiteengesit.

1.8.6 Vertrouenswaardigheid

Vertrouenswaardigheid is 'n belangrike komponent binne die navorsingsproses (Amankwaa, 2016:121). Lincoln en Guba (soos aangehaal deur Cope, 2014:89) bied vier kriteria vir die ontwikkeling van vertrouenswaardigheid, naamlik geloofwaardigheid, oordraagbaarheid, betroubaarheid en bevestigbaarheid. Hoe ek aan elk van hierdie kriteria van vertrouenswaardigheid voldoen het, word in Hoofstuk 3 verduidelik.

1.8.7 Etiese oorwegings

Die verskillende etiese oorwegings waaraan ek voldoen het, was (Creswell, 2009:92):

- Etiese kwessies in die navorsingsprobleem
- Etiese kwessies in die doel en vrae
- Etiese kwessies in die data-insameling
- Etiese kwessies in die data-analise en interpretasie
- Etiese kwessies in die skryf en verspreiding van die navorsing

Al die verskillende etiese oorwegings rakende die navorsingstudie word in Hoofstuk 3 volledig bespreek. 'n Kort opsomming en uiteensetting van die hoofstukke in hierdie navorsingstudie, volg in die volgende afdeling.

1.9 Opsomming en uiteensetting van hoofstukke in hierdie navorsingstudie

Die navorsingsprobleem word uitgepak in afdeling (*cf.* 1.3) en (*cf.* 1.4). Om te antwoord op die navorsingsprobleem, is teoretiese en empiriese navorsingsvrae gestel (*cf.* 1.4). Tabel 1.1 hieronder dui die struktuur van hierdie navorsingstudie aan as 'n antwoord op die navorsingsvrae.

Tabel 1.1: Struktuur vir navorsingstudie

Hoofstuk	Opsomming
Hoofstuk 1	Hierdie hoofstuk voorsien die leser van 'n agtergrond tot die navorsingstudie sowel as die navorsingsprobleem, navorsingsvrae en navorsingsdoelwitte van hierdie studie. Hierdie hoofstuk beskryf ook die navorsingsontwerp van hierdie studie.
Hoofstuk 2	Hierdie hoofstuk bied 'n oorsig van die literatuur met betrekking tot kreatiewe denke, kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing en voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.
Hoofstuk 3	Hierdie hoofstuk brei oor die navorsingsontwerp en -metodes van die studie uit.
Hoofstuk 4	Hierdie hoofstuk bespreek en bied die kwalitatiewe data aan. Hierdie hoofstuk word afgesluit met 'n opsomming van die belangrikste kategorieë wat uit die data gespruit het.
Hoofstuk 5	Hierdie hoofstuk verskaf 'n opsomming waar die bevindinge bespreek en gevolgtrekkings gemaak is. Daarbenewens is die moontlike beperkings van die studie en moontlike aanbevelings vir verdere navorsing bespreek.

HOOFSTUK 2: TEORETIESE RAAMWERK VIR KREATIEWE DENKE TYDENS WISKUNDE PROBLEEMOPLOSSING

2.1 Inleiding

Skoolwiskunde word deur baie leerders beskou as 'n moeilike en vervelige onderwerp vanaf die begin van hulle skoolonderrig (Ricks, 2010:2 ; Bishara, 2016:2). Probleme in die onderrig en leer van skoolwiskunde is nie iets nuuts nie en is al jare lank op die voorgrond (Bishara, 2016:5). Die redes vir hierdie probleme en die gebrek aan belangstelling berus op onder andere die spesifieke onderrig-leermetodes wat gebruik word (Bishara, 2016:2). Volgens Ricks (2010:2) is dit ook geen verrassing dat baie leerders min motivering het nie. 'n Moontlike rede hiervoor is dat dit die huidige skoolwiskunde leerders nie intellektueel of sosiaal uitdaag nie, maar eerder gekenmerk word deur die leer van definisies en inoefen-prosedures met ander woorde aktiwiteite wat lei tot intellektuele verveling (Ricks, 2010:6). Daarom is dit belangrik dat die onderwyser 'n leeromgewing skep wat die leerders ondersteun en aanmoedig volgens hulle vermoëns. Die insluiting van kreatiewe denke in wiskunde-probleemoplossing kan moontlik die leermateriaal vir die leerders vergemaklik en begrip en internalisering verbeter (Bishara, 2016:6). Volgens Richardson en Mishra (2018:45) hang die toekoms van ons beskawing af van die kreatiewe vermoëns van jongmense en dat een van die belangrikste dinge wat ons in skole kan doen, die bevordering van kreatiwiteit is.

Hierdie hoofstuk bied eerstens 'n in-diepte oorsig van kreatiwiteit, kreatiewe denke en wiskunde-probleemoplossing. In die tweede plek bied hierdie hoofstuk 'n in-diepte kyk na oortuigings oor kreatiewe denke.

2.2 Kreatiwiteit

Kreatiwiteit is 'n komplekse konsep en as sodanig word dit op verskeie wyses gedefinieer in die literatuur (Kattou, Kontoyianni & Christou, 2009:297; Aktas, 2016:42). Daar is nie 'n universeel aanvaarbare definisie vir kreatiwiteit nie (Mann, 2006:238; Leiken, 2009:129; Bennevall, 2016:1). Volgens Reisman (2013:12) is kreatiwiteitsdefinisies van 'n veelsydige aard. Dit is dus belangrik om die diversiteit van verskillende kreatiwiteitsdefinisies uit die literatuur te oorweeg.

As gevolg van die vinnige ontwikkeling van die wêreld is kreatiwiteit een van die noodsaaklikste leervaardighede vir die 21ste eeu (Fatah *et al.*, 2016:11). Verder plaas Fatah *et al.* (2016:12) klem op Bloom se taksonomie as 'n baie belangrike aspek van kreatiwiteit. Bloom se taksonomie word gebruik as 'n raamwerk om die skoolkurrikulum te ontwerp asook vir assessering in die onderwys (Fatah *et al.*, 2016:12). Benjamin Bloom, 'n opvoedkundige sielkundige, het in 1956 'n

taksonomie van opvoedkundige doelstellings opgestel (Rahman & Manaf, 2017:247). Die doel van hierdie klassifikasiestelsel is om leerders bewus te maak van wat hulle leer en streef daarna om meer gesofistikeerde vlakke van leer te bereik binne ses kognitiewe kategorieë (Rahman & Manaf, 2017:247). Bloom se taksonomie fokus op ontwikkelende denkvaardigheid wat eenvoudige inligtingverwerking tot meer komplekse prosesse behels (Rahman & Manaf, 2017:247).

Die aangepaste Bloom se taksonomie plaas kreatiwiteit by evaluering as 'n hoër orde denkvlak (Krathwohl, 2002:212-218). 'n Alternatiewe, en waarskynlik meer akkurate verteenwoordiging, sal wees om kreatiwiteit as 'n proses betrokke by vaardighede op alle kategorieë van die taksonomie in te sluit en toenemend so met hoër orde vaardighede (Krathwohl, 2002:212-218). Die aangepaste Bloom se taksonomie is gegroepeer in twee hoofdele, naamlik laer-orde denke (onthou, verstaan en toepassing) en hoër orde denke (analiseren, evalueren en skepping) (Samo, 2017:122). Sommige kenners definieer hoër-orde denke deur te verwys na die aangepaste Bloom se taksonomie as die vermoë om analities, evaluerend en kreatief te dink (Samo, 2017:122). Volgens Samo (2017:122) behels hoër-orde denke die oplos van take waar 'n algoritme nie onderrig is nie of bekende algoritmes gebruik word in onbekende kontekste of situasies. Die bogenoemde definisies impliseer hoër-orde denke as probleemoplossende aktiwiteite. Afgesien daarvan dat dit 'n probleemoplossende aktiwiteit is, bied sommige navorsers 'n paar addisionele eienskappe aan, naamlik die vermoë om krities en kreatief te dink (Samo, 2017:122). In Tabel 2.1 is 'n opsomming van die ses kognitiewe kategorieë (Rothman & Manaf, 2017:247).

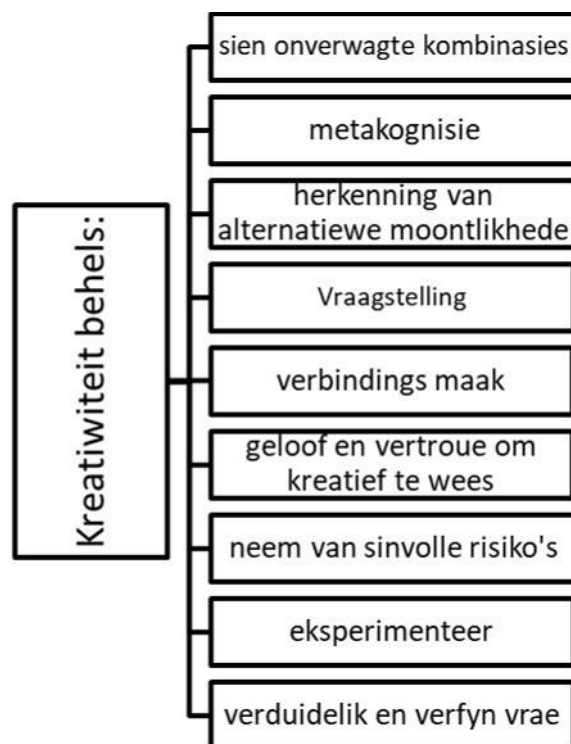
Tabel 2.1: Kognitiewe kategorieë van die aangepaste Bloom se taksonomie

Kognitiewe kategorieë	Beskrywing
Onthou	Behels fundamentele kognitiewe vaardighede wat vereis dat leerders spesifieke inligting behou (Rahman & Manaf, 2017:247).
Verstaan	Vereis dat leerders die kennis van inhoud in hulle eie woorde parafraseer, klassifiseer items in groepe, vergelyk en kontrasteer items met ander soortgelyke identiteite of verduidelik 'n beginsel aan ander (Rahman & Manaf, 2017:247).
Toepassing	Stel leerders in staat om kennis, vaardighede of tegnieke in nuwe situasies te gebruik (Rahman & Manaf, 2017:247) .
Analisering	Vereis dat leerders onderskei tussen feite en opinies asook die bewerings van 'n argument identifiseer (Rahman & Manaf, 2017:247) .
Evaluering	Vereis van leerders om die geldigheid van 'n probleem krities te evalueer en die relevansie van die probleem se oplossings te beoordeel (Rahman & Manaf, 2017:247) .
Skepping	Behels die behoefte om 'n nuwe produk in 'n spesifieke situasie te skep (Rahman & Manaf, 2017:247) .

Uit Tabel 2.1 is die sesde kategorie *skepping* en staan bekend as die hoogste orde denkvlak, want om te skep is verwant aan die kognitiewe proses wat leerders lei om nuwe produkte of verskillende patrone te genereer deur verskeie komponente te organiseer (Fatah *et al.*, 2016:12). Om te kan skep moet leerders kreatief kan dink en dus is kreatiwiteit die hoogste orde denkvlak in Bloom se taksonomie. Deur kreatiwiteit as die hoogste orde denkvlak te stel, word verwag dat die leerders in staat sal wees om onvoorspelbare probleme in die toekoms op te los (Fatah *et al.*, 2016:12). Om saam te vat, Bloom se taksonomie van opvoedkundige doelstellings word beskou as 'n belangrike hulpmiddel vir kognitiewe ontwikkeling want dit bevorder hoër-orde denkvaardighede asook die vermoë om kreatief te dink (Rahman & Manaf, 2017:247).

Die kreatiewe proses is 'n kritiese komponent om sin te maak van leerervarings. Een kenmerk van die kreatiewe proses wat dit besonder kragtig maak, is dat dit vereis nie net kennis en begrip van die domein wat ondersoek word nie, maar ook 'n bereidwilligheid om te bevraagteken en nie deur bestaande kennis beperk te word nie (Sternberg, 2012:4). Kreatiewe leerders moet in staat wees om 'n stel vaardighede wat hulle kan gebruik, te ontwikkel en toe te pas in die kreatiewe proses. Dit sluit in om in staat te wees om die probleem of vraag, te verduidelik, te ontleed en te her-definieer, deurdagte vrae te vra, alternatiewe moontlikhede te herken asook na probleme kyk vanuit verskillende perspektiewe (Csikszentmihalyi, 2002:99).

Kreatiewe prosesse vereis gewoonlik selfregulering en die idees wat verband hou met refleksie en metakognisie (Csikszentmihalyi, 2002:99). Dit sluit die volgende in, naamlik leerders moet bewus wees van hulle eie vaardighede, beide sterkpunte en hulle beperkings, leerders moet dink aan 'n verskeidenheid verskillende strategieë of benaderings om te gebruik in reaksie op 'n probleem of vraag, leerders moet beplan watter benadering om te gebruik, leerders moet hulle werk monitor en buigsaam wees om 'n ander benadering te volg asook hulle werk krities evaulueer (Csikszentmihalyi, 2002:99). Na aanleiding van die bogenoemde kan kreatiwiteit soos volg opgesom word (*cf.* Figuur 2.1).



Figuur 2.1: Kreatiwiteit

Die bostaande figuur toon aan dat kreatiwiteit 'n meervoudige verskynsel is. Hierdie omvattende begrip word in Figuur 2.2 opgesom deur die kerneienskappe van hierdie begrip te lys. In die bogenoemde afdeling is die begrip kreatiwiteit verken deur verskeie sienings, definisies en omskrywings daarvan te ondersoek. Die volgende afdeling (*cf.* 2.2.1) bied 'n in-diepte oorsig oor die faktore van kreatiwiteit.

2.2.1. Faktore van kreatiwiteit

Kreatiwiteit is die vermoë om vorendag te kom met 'n nuwe idee, proses of produk (Reisman, 2013:10). Kreatiwiteit bestaan uit vier faktore, naamlik proses, produk, persoon en plek (Amabile, 1983:358; Runco, 2004:661). Hierdie vier faktore is verweef met mekaar en vorm 'n integrale deel van kreatiwiteit.

2.2.1.1. Proses

Proses behels die volgende: insig en produktiewe denke ontstaan wanneer die denker die noodsaaklike eienskappe van 'n probleem en hulle verhouding tot 'n finale oplossing begryp (Amabile, 1983:358). Proses verwys na die kreatiewe denkprosesse wat plaasvind tydens kreatiwiteit (Richardson & Mishra, 2018:46). Proses behels die leer, denke en kommunikasie van idees wat tydens kreatiewe pogings aangaan (Richardson & Mishra, 2018:46). Die prosesfaktor bestaan uit die volgende elemente, naamlik motivering, persepsie, leer, dink en kommunikeer (Reisman, 2013:14). In die konteks van hierdie studie identifiseer ek die kreatiewe proses as kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

2.2.1.2. Produk

Die produkbenadering tot kreatiwiteit fokus op uitkomste en die dinge wat voortspruit uit die kreatiewe proses (Runco, 2004:663). Die produkbenadering behels idees wat vertaal word in konkrete vorms (Reisman, 2013:14). Produkte sluit in die fisiese manifestasies van kreatiwiteit, naamlik uitvindings en prosesse (Richardson & Mishra, 2018:46). Die veronderstelling hier is dat studies van produkte hoogs objektief is, en dus aanvaarbaar is vir die wetenskaplike metode (Runco, 2004:663). Dit kan redelik misleidend wees, want dit wat nodig is om produktief te wees, kan verskil van wat nodig is om te skep (Runco, 2004:663). Oorspronklikheid is die mees erkende vereiste vir kreatiwiteit (Runco, 2004:663). Ek identifiseer die kreatiewe produk in die navorsing as die leerprodukte van senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers wat op hulle denke kan uitbrei, wat buigsame, oorspronklike en vloeiende denkers is.

2.2.1.3. Persoon

Persoon behels persoonlikheidseienskappe of eienskappe van kreatiewe mense (Reisman, 2013:14). Persoon verwys ook na die individu wat skep (Richardson & Mishra, 2018:46). Dit sluit in die persoonlikheid en verskillende eienskappe van die individu sowel as die individu se kreatiewe potensiaal (Richardson & Mishra, 2018:46). Persoonlikheidsnavorsing sluit dikwels intrinsieke motivering as 'n kernkarakterkenmerk van kreatiewe persone in (Runco, 2004:661). Intrinsieke motivering behels die motivering om 'n taak te onderneem of om 'n probleem op te los

omdat dit interessant, persoonlik uitdagend of bevredigend is, eerder as om ekstrasieke motivering te volg wat voortspruit uit beloning, toesig, mededinging, evaluering of vereistes om iets te doen op 'n sekere manier (Amabile, 2012). Kreatiewe persone wil intrinsieke belange volg en take wat intrinsiek gemotiveer is, want dit is geneig om vry te wees van die evaluering en beperkings wat kreatiewe denke inhibeer (Runco, 2004:661).

Daar bestaan twee tipes vermoëns wat met kreatiewe persone geassosieer word, naamlik konvergente en divergente denke (Nadjafikhaha & Yaftian, 2013:345). Konvergente denke is gebaseer op die bepaling van 'n enkele korrekte oplossing vir 'n gegewe taak of probleem, terwyl divergente denke veelvuldige oplossings vir die probleem beklemtoon en / of die probleem vanuit verskillende standpunte oorweeg (Nadjafikhaha & Yaftian, 2013:345). Ek identifiseer dus die kreatiewe persoon in die navorsing as die senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers.

2.2.1.4. Plek

Plek stel die verhouding tussen die mens en hulle omgewing voor (Reisman, 2013:14). Dit verwys na die druk van die omgewing (Runco, 2004:662). Plek stel die maniere voor waarop die konteks of spesifieke omgewing kreatiwiteit ondersteun (Richardson & Mishra, 2018:46). Dit sluit die psigologiese, pedagogiese en fisiese faktore van enige plek waar leer plaasvind in (Richardson & Mishra, 2018:46). Kreatiwiteit kan aangemoedig word of ontmoedig word. Die waardes en norme van ons opvoeding en huidige omgewing bepaal of ons aangemoedig of ontmoedig word om kreatief te wees en of ons idees of produkte as kreatief beskou word (Runco, 2004:662). Om eerder 'n leeroriëntasie te hê as 'n prestasie oriëntasie help om 'n omgewing waar kreatiwiteit aangemoedig word te ontwikkel. In die konteks van hierdie studie identifiseer ek die kreatiewe plek as die wiskunde-klaskamer.

Die bogenoemde vier faktore van kreatiwiteit kan effektief gebruik word om die navorser se aandag te lei om meer te leer oor hoe om kreatiwiteit in verskillende instellings te bevorder byvoorbeeld om onderrig van kreatiwiteit te verbeter, om probleemoplossing in enige domein te fasiliteer asook vir die verbetering van ekonomiese ontwikkeling (Gruszka & Tang, 2017:65).

Volgens Amabile (2012) is daar drie individuele komponente wat kreatiwiteit beïnvloed, naamlik domein-relevante vaardighede, kreatiwiteit-relevante prosesse en taakmotivering. Domein-relevante vaardighede sluit in kennis, kundigheid, tegniese vaardighede, intelligensie en talent in die spesifieke domein waar die probleemoplosser werk (Amabile, 2012). Kreatiwiteit-relevante prosesse sluit in 'n kognitiewe styl en persoonlikheidseienskappe wat bevorderlik is vir onafhanklikheid, risikobepaling en nuwe perspektiewe op probleme, asook 'n gedissiplineerde

werkstyl en vaardighede om idees te genereer (Amabile, 2012). Taakmotivering behels intrinsieke motivering (*cf.* 2.2.1.3).

Na aanleiding van die bogenoemde is dit 'n moeilike taak om kreatiwiteit in skoolwiskunde te definieer. Volgens Sriraman (2004:19) is kreatiwiteit in skoolwiskunde eerste gedefinieer deur Poincaré (1948) as 'n keuse. Met ander woorde, kreatiwiteit in skoolwiskunde word gekenmerk deur die vermoë om te kies tussen die kombinasies wat sinvol is en kombinasies wat betekenisloos is (Sriraman, 2004:19 ; Fatah *et al.*, 2016:12). Volgens Sriraman (2005:24) kan kreatiwiteit in skoolwiskunde gedefinieer word as die proses wat ongewone, nuwe, insiggewende oplossings tot gevolg het vir 'n gegewe probleem of analoog probleme, die formulering van nuwe vrae en / of moontlikhede wat 'n ou probleem van 'n nuwe oogpunt beskou wat verbeelding vereis.

Volgens die DBO (2011:4) moet leerders onder meer in staat wees om wiskunde-prosesvaardighede te identifiseer, te ondersoek, en probleme op 'n kreatiewe en kritiese wyse op te los. Alhoewel kreatiwiteit die fokus van skoolwiskunde-leer is soos deur die kurrikulum gestel, voldoen die implementering van leer wat lei tot leerders se kreatiwiteit nog nie aan die verwagting (Fatah *et al.*, 2016:12). Fatah *et al.* (2016:12) rapporteer in hulle studie dat leerders nie gewoon is aan nie-roetine wiskundeprobleme nie en dat hulle slegs bekend is met die probleme in die handboeke, soos onderrig deur die onderwysers. Verder beweer Fatah *et al.* (2016:12) dat onderwysers slegs fokus op leerders se leerprestasie as op die leer proses daarvan, as gevolg hiervan kan leerders nie nuwe en onbekende probleme oplos nie. Leerders kan bang wees om foute te maak as hulle net erkenning ontvang vir die antwoord wat die onderwyser soek eerder as geldige oorspronklike denke en idees. Indien die onderwyser 'n kultuur skep van slegs die 'korrekte antwoord' gee, keer dit dat leerders bereid is om foute te maak en om waagmoed aan die dag te lê (Fatah *et al.* 2016:12).

Vir die doel van hierdie studie word kreatiwiteit beskou as die vermoë om divergent te dink. Kreatiwiteit behels om aan verskillende moontlike wiskundige antwoorde en metodes te dink, deur nie net te voldoen aan voorgeskrewe metodes nie, maar eerder om innoverend te wees.

Indien jy kreatief wil wees moet jy kreatief kan dink. Kreatiewe denke dien as 'n operasionele raamwerk vir kreatiwiteit. Daarom word kreatiwiteit eerste ondersoek en verduidelik. In die volgende afdeling gaan die term kreatiewe denke beskryf en begryp word.

2.3 Kreatiewe denke

Siswono (2010:19) definieer die term kreatiewe denke as denke wat oorspronklik en reflektief is en as 'n verstandelike proses wat gebruik word om met 'nuwe idees' vorendag te kom. Volgens Sanders (2016:24) behels kreatiewe denke die sintese, ondersoek en toepassing van nuwe idees en oplossings vir probleme. Vale en Barbosa (2015:103) omskryf kreatiewe denke as divergente denke wat bydra tot hoërorde-denke. Volgens Kampylis en Berki (2014:6) word kreatiewe denke gedefinieer as die denke wat leerders in staat stel om hul verbeelding te gebruik om nuwe idees te vorm, vrae en hipoteses te skep, eksperimenteer met alternatiewe asook evaluering van hulle eie idees, finale produkte en prosesse. Volgens Leikin (2009:129) is Torrance (1977) se definisie die basis om kreatiewe denke te identifiseer. Kreatiewe denke is nodig vir 'n onbekende toekoms (Fatah *et al.*, 2016:11). Hierdie afdeling bied 'n geheelbeeld van die konsep kreatiewe denke.

Volgens Lince (2016:207) is die mees algemene definisie van denke die ontwikkeling van idees en konsepte in 'n persoon. Volgens Hasanah en Surya (2017:288) is daar drie fundamentele idees oor denke, naamlik, denke is kognisie wat intern plaasvind, maar besluite word geneem deur gedrag, om te dink is die proses waar manipulasie van kennis in die kognitiewe sisteem plaasvind, dit is direk van aard en genereer gedrag wat die probleem oplos of direk 'n oplossing vind.

Uit die bogenoemde kan die afleiding gemaak word dat dit makliker sal wees vir leerders om kreatief te dink in skoolwiskunde wanneer 'n les op so 'n wyse onderrig word deur die onderwyser dat die leerders denke en kreatiwiteit kan kweek deur middel van die strategieë wat deur die onderwyser gebruik word (Hasanah & Surya, 2017:288). Onderwysers vind dit moeilik om kreatiewe denke te fasiliteer en aan te moedig aangesien hulle beperk word ten opsigte van kurrikulum, tyd en ruimte (Richardson & Mishra, 2018:45). Dit het tot gevolg dat kreatiwiteit in skole ontmoedig word (Richardson & Mishra, 2018:45). Kreatiewe denke is 'n ingesteldheid gebaseer op 'n metode wat 'n persoon aanmoedig om kreatiewe produkte te produseer (Hasanah & Surya, 2017:288). Dit beteken dat leerders wat kreatief dink sal probeer om oplossings te vind vir probleme wat verskil van die gewone en gevarieerde probleme (Hasanah & Surya, 2017:288). Hasanah en Surya (2017:288) beskou kreatiewe denke in skoolwiskunde dus as die vermoë van 'n leerder om 'n wiskundeprobleem op te los deur oplossings te vind wat wissel en divers is, terwyl hulle na die kwaliteit van die oplossings kyk. Die leer van wiskunde word dus nie as eentonig en vervelig beskou nie (Hasanah & Surya, 2017:288). Dit is dus baie belangrik om te weet dat die onderwysers en leerders mekaar beïnvloed tot die ondersteuning en beperking van kreatiewe denke (Richardson & Mishra, 2018:46).

Volgens Mastuti *et al.* (2016:32) hou die vermoë om kreatief te dink verskeie voordele in, naamlik sosiale, intellektuele, opvoedkundige, emosionele en talentgebaseerde prestasies in die skool asook in die alledaagse lewe. Tabel 2.2 verskaf 'n uiteensetting van die voordele wat kreatiewe denke aan leerders bied.

Tabel 2.2: Voordele wat kreatiewe denke aan leerders bied

Voordele	Beskrywing
Sosiale	Kreatiewe denke bied leerders die geleentheid om saam probleme op te los, in groepe te werk, asook huiswerk saam te doen (Ricks, 2010:6).
Intellektuele	Kreatiewe denke verbeter die leerders se vermoë om probleme op te los of produkte te skep wat gewaardeer word binne een of meer kulturele instelling (Vardib, 2005:40).
Opvoedkundige	Kreatiewe denke gee leerders die geleentheid om vordering te toon deur middel van hulle skoolopleiding, asook die geleentheid om tydens hulle opvoedkundige jare probleme op nuwe wyses op te los en met nuwe idees na vore te kom (Sahlberg, 2009:339).
Emosionele	Volgens Shriki (2010:174) vergesel positiewe emosies die kreatiewe denkproses en projekteer wiskunde as 'n oop domein waaraan almal kan bydra.
Talentgebaseerde prestasies	Wiskunde is 'n integrale deel van die werklike lewe asook vorm dit 'n integrale deel vir 'n wye verskeidenheid van werk situasies wat sodoende talentgebaseerde prestasies tot gevolg het (Svecova, Rumanova & Pavlovicova, 2014:1715).
Alledaagse lewe	Kreatiewe denke stel leerders in staat om buigsaam te wees wanneer hulle werklike situasies teëkom (Svecova <i>et al.</i> , 2014:1715). Die wêreld rondom ons bied baie geleenthede om wiskundige take op te stel wat gebaseer is op alledaagse situasies (Svecova <i>et al.</i> , 2014:1715).

Tabel 2.2 bied 'n duidelike beskrywing van elke voordeel van kreatiewe denke in die alledaagse lewe. Hierdie tabel beskryf ook hoe hierdie voordele in die alledaagse lewe geïmplementeer kan word.

Mastuti *et al.* (2016:32) is voorts van mening dat onderwysers die ontwikkeling van kreatiewe denke onder leerders sal bevorder indien hulle hulle eie kreatiewe denke modelleer. Lince (2016:208) beklemtoon kreatiewe denke as wiskundige denke tydens die oplos van wiskundeprobleme. As leerders in die oplos van roetine wiskundeprobleme, op 'n ander wyse die probleme kan oplos as wat deur die onderwysers in die klaskamer geleer word, kan hierdie

leerders as kreatief in wiskunde beskou word (Lince, 2016:208). Kreatiewe denke is dus die denke wat gelei het tot die verkryging van nuwe insigte, nuwe benaderings, nuwe perspektief of 'n nuwe wyse om dinge te verstaan (Lince, 2016:208).

Na aanleiding van die bogenoemde is dit egter nie genoeg om net nuwe idees aan te moedig nie (Richardson & Mishra, 2018:49). Leerders moet tyd gegee word om idees te ontwikkel, aangesien dit hulle toelaat om te verken, hulle begrip te verbreed en verbindings te maak (Richardson & Mishra, 2018:49). Hoër-orde denkvlak vrae is een strategie wat dieper denke en refleksie aanmoedig en lei dikwels tot die ontwikkeling van nuwe idees, wat leerders dwing om verby die vrae te kom waarin hulle net 'n resep kan volg (Richardson & Mishra, 2018:49).

2.3.1. Vier dimensies van kreatiewe denke

Volgens Torrance (1977:6) vind 'n sekere mate van kreatiewe denke plaas wanneer mense probleme oplos waarvoor hulle nie voorheen geleer of beoefen het nie. Kreatiewe denke as 'n proses is die opsporing van probleme of gapings in inligting, die vorming van idees van hipoteses, toets en die wysiging van hierdie hipoteses, en om die resultate te kommunikeer. Torrance (1977:6) definieer kreatiwiteit ook as die bydrae van oorspronklike idees, 'n ander perspektief of 'n nuwe manier om probleme te ondersoek. Torrance (1977) kyk na kreatiewe denke as 'n proses wat elemente van oorspronklikheid, vlotheid, buigsaamheid en uitbreiding behels (Lince, 2016:208). Volgens Torrance (1977:16) is kreatiewe denke nie 'n unitêre vermoë nie, maar wel 'n aantal vermoëns wat betrokke is. Die definisie is gebaseer op vier verbandhoudende dimensies naamlik, vlotheid, buigsaamheid, oorspronklikheid en uitbreiding (Leikin, 2009:129). Volgens navorsing in hierdie veld is die volgende vermoëns betrokke by kreatiewe denke (Torrance, 1977:16; Lince, 2016:208).

2.3.1.1. Vlotheid

Vlotheid ("fluency") is die vermoë om 'n groot aantal idees te produseer en koherent te organiseer. Die vermoë om probleme op te los en antwoorde op 'n probleem te gee, gee baie voorbeelde of stellings in verband met die konsep in sekere situasies (Torrance, 1977:16 ; Lince, 2016:208). Vlotheid is ook verwant aan die aantal korrekte vrae wat 'n leerder vir 'n probleem produseer (Daher & Anabousy, 2018:2931).

2.3.1.2. Buigsaamheid

Buigsaamheid (“flexibility”) is die vermoë om 'n verskeidenheid idees te lewer of 'n verskeidenheid benaderings te gebruik. Die vermoë om idees te genereer, antwoorde te verskaf, met behulp van 'n verskeidenheid strategieë, voltooiing van voorbeelde wat verband hou met die konsep en alternatiewe oplossings (Torrance, 1977:16; Lince, 2016:208). Buigsaamheid hou verband met die aantal vraagsoorte wat vir 'n probleem voorgestel word (Daher & Anabousy, 2018:2931). Buigsaamheid is ook verwant aan die aantal probleemoplossende strategieë wat 'n leerder geïmplementeer het (Daher & Anabousy, 2018:2931).

2.3.1.3. Oorspronklikheid

Oorspronklikheid (“originality”) is die vermoë om idees te produseer wat buite die normale manier van dink is of ook algemeen bekend as buite die “boks”. Die vermoë om nuwe uitdrukkings te gee, unieke denke aan wyses om stellings uit te druk wat nuut en ongewoon is (Torrance, 1977:16; Lince, 2016:208). Oorspronklikheid is verwant aan die aantal probleme wat geen ander persoon of baie min al voorgestel het (Daher & Anabousy, 2018:2931).

2.3.1.4. Uitbreiding

Uitbreiding (“elaboration”) is die vermoë om die detail in te vul. Die vermoë om in detail te verduidelik, te verryk en 'n idee of produk te ontwikkel, by te voeg of te spesifiseer in detail oor die situasie sodat dit spesifieke wiskundige situasies beantwoord (Torrance, 1977:16; Lince, 2016:208).

My ondersoek om vlotheid, buigsaamheid, oorspronklikheid en uitbreiding in 'n probleemoplossing konteks te bestudeer word ondersteun deur Daher en Anabousy (2018:2931) wat beweer dat die vier dimensies gevestig is in die bestudering van kreatiewe denke. Navorsing oor hierdie vier dimensies rapporteer 'n positiewe uitwerking op dit wat leerders leer (Daher & Anabousy, 2018:2931).

2.4 Kreatiewe denke in skoolwiskunde

Kreatiwiteit in die 21ste eeu word onderdruk deur die onderwys (Mrayyan, 2016:84). Volgens Grégoire (2016:24) moet die doel van wiskunde-onderrig wees om kreatief te dink. Happy en Listyani (2011:823) voer aan dat die doel van leer in wiskunde is: om te dink en te redeneer, om gevolgtrekkings te maak, om 'n kreatiewe aktiwiteit te ontwikkel wat verbeelding, intuïsie, ontdekking (om kreatiewe denke te ontwikkel) en oorspronklikheid insluit, om

probleemoplossingsvaardighede te ontwikkel en die ontwikkeling van die vermoë om inligting oor te dra en idees te kommunikeer.

Volgens Mann (2006) skep kreatiwiteit 'n outentieke leersituasie waar leerders vir hulself dink, en lewenswerklike probleme op los. Kreatiwiteit in die wiskundeklaskamer handel oor wat die leerders doen asook wat die wiskunde-onderwyser doen. Indien die wiskunde-onderwyser kreatief dink oor wiskundige ervarings, skep die wiskunde-onderwyser geleenthede vir die leerders om kreatief te wees (Piggott, 2007:3). 'n Groot aantal mense sien wiskunde en kreatiwiteit as teenoorgesteldes van mekaar en redeneer dat die doen van wiskunde oor rasionale kennis en die toepassings van reëls handel en volgens die beskouing is wiskunde beslis nie om kreatief te wees nie (Grégoire, 2016:24). So 'n oortuiging oor wiskunde is 'n voorbeeld van onvanpaste onderrig, want sulke onderrig sluit ondersoek en vindingrykheid uit.

Die meeste leerders se klaskamerervarings van wiskunde behels die bestudering van verskeie wiskundetake asook die werk aan hierdie take wat deur hul wiskunde-onderwysers gegee word met ander woorde die leerders is passiewe waarnemers van wiskunde, wat min ruimte laat vir die entrepreneur of kreatiewe denker (Piggott, 2007:3). Volgens Grégoire (2016:31) het leerders twee hoofdoelwitte in skoolwiskunde, naamlik leerdoelwitte en prestasiedoelwitte. In die meeste gevalle beloon die wiskunde-onderwyser die leerder wat deur middel van die onderrigproses die verwagte antwoord kry (Grégoire, 2016:31). Dit wil sê om kreatief te wees, is 'n risiko vir leerders en kan tot mislukking lei (Grégoire, 2016:31). Leerders verkies eerder om te doen wat die wiskunde-onderwyser verwag (prestasiedoelwitte) eerder as om te verken en te skep (leerdoelwitte) (Grégoire, 2016:31). Wiskunde-onderwysers moet nie slegs klem plaas op korrekte antwoorde nie, maar eerder leerders stimuleer om te ontdek, te ondersoek, te redeneer en te reflekteer (Grégoire, 2016:31). Wanneer wiskunde-onderwysers slegs klem lê op die korrekte antwoorde, dra hul die oortuiging oor dat wiskunde in korrekte en verkeerde antwoorde verdeel is, wat dus kreatiewe denke verwerp (Mann, 2006:245). Dit is moeilik om kreatiewe denke in wiskunde te bevorder as die leerders beperk is tot reëlgebaseerde toepassings eerder as om die essensie van die probleem wat opgelos moet word, te erken (Mann, 2006:240).

Kreatiewe denke is noodsaaklik vir kreatiwiteit in die leerproses (Maharani, 2014:122). Kreatiwiteit is nodig in alle aspekte van die lewe. Kreatiewe denke speel 'n integrale rol in skoolwiskunde veral tydens probleemoplossing. In die volgende afdeling word onderrig en leer van skoolwiskunde deur middel van probleemoplossing bespreek.

2.5 Onderrig en leer van skoolwiskunde deur middel van probleemoplossing

Hierdie afdeling hang ook ten nouste saam met die oortuigings van 'n onderwyser, wat later in hierdie afdeling bespreek sal word. Volgens Lappan en Even (1989:4) is wiskunde meer as die bemeestering van 'n gegewe stel feite, reëls en prosedures. In die meeste wiskundeklaskamers word leerders onderrig asof wiskunde slegs oor reëls en prosedures handel en blyk dit dat leerders steeds te veel staatmaak op roetineprosesse en algoritmes (Idris, 2006:105 ; Mrayyan, 2016:92).

Die *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 1989) beklemtoon dat wiskunde-onderwysers 'n omgewing moet skep wat leerders die geleentheid bied om te verken, te ontwikkel, te toets, te bespreek, en idees van toepassing te maak. Wiskunde-onderwysers moet na leerders luister om sodoende hulle idees te lei, asook om hulle idees te ontwikkel. Onderrig en leer is dus sterk afhanklik van die wiskunde-onderwyser (Lappan & Even, 1989:21). Hill *et al.* (2005:373) verduidelik dat om wiskunde suksesvol te kan onderrig die volgende belangrik is, naamlik die verduideliking van terme en konsepte aan leerders, die interpretasie van leerders se verklarings en oplossings asook om wiskundige idees en konsepte korrek voor te stel aan die leerders om sodoende die leerders se kreatiewe denke te bevorder.

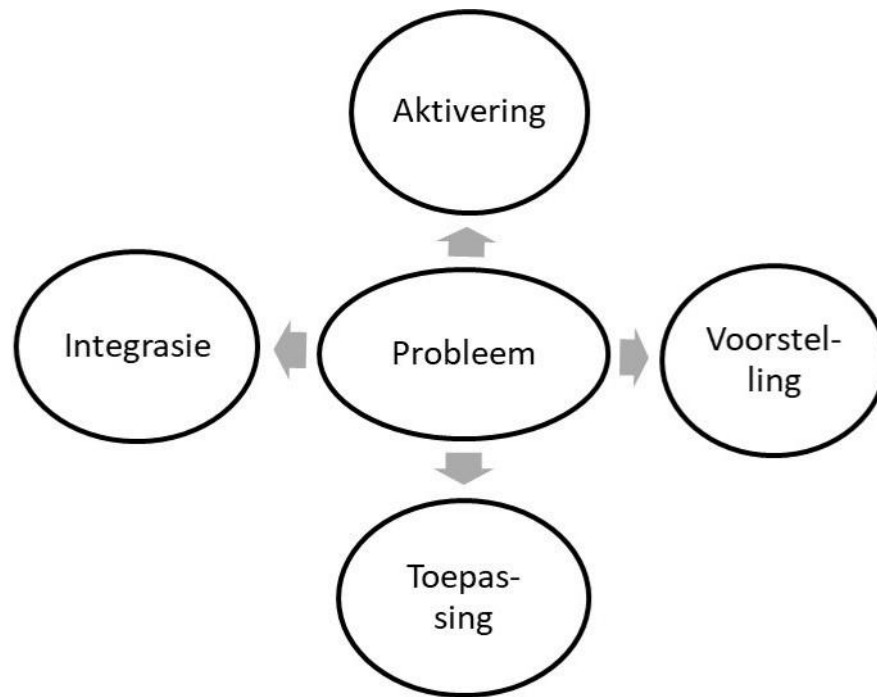
Effektiewe wiskunde-onderrig vereis meer as net die leer van hoe om bepaalde pedagogiese take suksesvol in die klaskamer te implementeer. Dit vereis ook die kennis en die gebruik van wiskunde op 'n bepaalde wyse deur self die wiskunde te doen (Ball *et al.*, 2009:461). Wiskunde-onderwysers moet in staat wees om wiskundige idees "uit te pak" en hierdie idees te verfyn vir die leerproses van leerders. Wiskunde-onderwysers moet ook in staat wees om uit te vind wat leerders wiskundig doen en hoe hierdie wiskunde vir hulle sin maak (Ball *et al.*, 2009:461).

Volgens Belbase (2013:235) hang dit van die wiskunde-onderwyser af om 'n metode van onderrig in die klaskamer te kies om leerders te betrek in die leer van wiskunde. Indien die wiskunde-onderwyser skoolwiskunde sien as net die aanleer van formules, reëls en prosedures wat slegs gememoriseer en bemeester moet word, kan hierdie manier van onderrig tradisionele benaderings met gevolglike mislukking tot gevolg hê.

Indien die wiskunde-onderwyser glo dat wiskunde 'n integrale deel vorm van die leer van strukture, patrone en verhoudings, asook leermetodes en jou eie verstaan van die wêreld met ander woorde 'n probleemoplossende oortuiging het, kan die doel van wiskunde-onderrig verander (Belbase, 2013:235). Die wiskunde-onderwyser fokus dus dan op die leerder se verstaan van wiskunde in die wêreld. Die wiskunde-onderwyser moet leerders help om vaardighede te ontwikkel om te gebruik wanneer hulle wiskundige, nie-wiskundige, nie-roetine asook oop-einde probleme moet

oplos. Leerders moet die vermoë hê om wiskundig te redeneer om hul wiskundige idees te verduidelik en te regverdig, om wiskundige bronne en ander bronne te gebruik, om saam met ander te kan werk, leerders moet situasies kan veralgemeen asook die vermoë hê om wiskundige berekeninge uit te voer (Belbase, 2013:236).

Volgens Merrill (2002:44) is die mees effektiewe leeromgewings probleem-gesentreerd en sluit vier fases van leer in soos voorgestel deur Figuur 2.2.



Figuur 2.2: Vier fases van leer (Merril, 2002:44)

In Figuur 2.2 is die vier fases van leer voorgestel as aktivering, voorstelling, toepassing en integrasie. Elkeen van hierdie fases word nou kortliks verduidelik:

- **Aktivering van vorige ervaring** – Hierdie fase behels die oomblik wanneer leerders gerig word om kennis te herroep, te beskryf of toe te pas uit toepaslike vorige ervaring wat as grondslag vir die nuwe kennis gebruik kan word (Merril, 2002:46).
- **Voorstelling van vaardighede** – Doeltreffende leeromgewings moet 'n geleentheid bied vir leerders om hulle nuutverworwe vaardighede te demonstreer (Merril, 2002:47).
- **Toepassing van vaardighede** – Leer word bevorder wanneer daar van leerders verwag word om hulle nuwe kennis te gebruik om probleme op te los (Merril, 2002:49).

- Integrasie van hierdie vaardighede in lewenswerklike probleme – Leer word bevorder wanneer leerders aangemoedig word om die nuwe kennis of vaardighede te integreer in hulle alledaagse lewens (Merril, 2002:49).

Hierdie vier fases hou ook verband met Bloom se taksonomie (cf. Tabel 2.1). Verder bestaan daar vyf beginsels vir elk van die vier fases vir 'n effektiewe leeromgewing. Die eerste beginsel is dat leer word bevorder wanneer leerders aktief betrokke raak by die oplos van lewenswerklike probleme (Merril, 2002:52). Die tweede beginsel is dat leer bevorder word wanneer reeds gevestigde kennis geaktiveer word om die grondslag vir nuwe kennis te lê (Merril, 2002:52). Die derde beginsel is dat leer bevorder word wanneer nuwe kennis aan leerders gedemonstreer word (Merril, 2002:52). Die vierde beginsel is dat leer bevorder word wanneer nuwe kennis deur die leerder toegepas word (Merril, 2002:52). Die vyfde beginsel is dat leer bevorder word wanneer nuwe kennis in die leerder se wêreld geïntegreer word (Merril, 2002:52).

Wiskunde-onderwysers bevorder leer deur die aanmoediging van leerderbetrokkenheid (Anthony & Walshaw, 2009:150). Wiskunde-onderwysers bevorder klaskamerverhoudings wat leerders in staat stel om vir hulself te dink, om vrae te vra, en om intellektuele risiko's te neem. Sodra leerders se aandag verskuif vanaf stapsgewyse reëls, kan leerders sin maak van wiskunde, asook minder besig wees met slegs die berekening van die antwoorde en eerder fokus op hul denke wat lei tot die antwoorde.

Deur die stel van take en leerervarings wat leerders in staat stel om oorspronklike denke oor belangrike wiskundige konsepte en verhoudings te ontwikkel, kan wiskunde-onderwysers leerders nie net help om verskeie maniere te ontwikkel om wiskunde te doen nie, maar ook om oor wiskunde te leer (Anthony & Walshaw, 2009:150). Take moet meer as net algoritmes behels; take moet geleenthede vir leerders skep om te sukkel met belangrike wiskundige idees (Anthony & Walshaw, 2009:150). Anthony en Walshaw (2009:150) stel verder dat lewenswerklike probleme leerders leer dat wiskunde meer behels as net die vervaardiging van die regte antwoorde, maar dat die toepassing van wiskunde in die werklike lewe leerders help om te leer oor die waarde van wiskunde in die samelewing en die bydrae daarvan tot ander dissiplines.

Volgens Hiebert en Grouws (2007:382) vind leer plaas wanneer 'n groep mense wiskunde doen en probeer sin maak van wat hulle doen. Franke *et al.* (2007:229) stel dat dit belangrik is om leerders aan te moedig om nuuskierig oor wiskundige idees te wees, sodat hulle wiskunde intuïsie en analitiese vermoëns kan ontwikkel sodat hulle kan praat vanuit 'n wiskundige ervaring.

Die manier hoe die wiskunde-onderwyser dink of wiskunde ontdek of wiskunde uitgevind het, sal bepaal hoe hy/sy klas gee. In die tradisionele klaskamer word die wiskunde-onderwyser

gekarakteriseer dat hy/sy praat deur onder andere te verduidelik en rigting te gee (Franke *et al.*, 2007:230). Silver en Smith (soos aangehaal deur Franke *et al.*, 2007:230) beveel egter aan dat die wiskunde-onderwysers die leerders voldoende tyd moet gee om eie oplossings te ontdek en te genereer, leerders aanmoedig om oplossings te bewys, geleenthede te skep vir leerders om te presteer en dat wiskunde-onderwysers hulleself moet weerhou daarvan om 'n oplossing dadelik te voorsien.

Na aanleiding van die bogenoemde is dit dus duidelik dat probleemoplossing en onderrig en leer van skoolwiskunde nie afsonderlike kwessies is nie. Die doel van wiskunde-leer en onderrig in skoolwiskunde is dat leerders probleme identifiseer, analiseer en evalueer asook leer van verskeie perspektiewe van wiskunde-onderrig in verskeie kontekste om sin te maak van die wiskunde in die alledaagse lewe.

Probleemoplossing en skoolwiskunde is nie afsonderlike kwessies nie. Vrae wat geldig is hier is wat wiskunde dryf en die oplossing van probleme asook opmaak van nuwe probleme en dit is inderdaad die kern van die wiskundige lewe (Hersh, 1997:18).

Probleemoplossing bestaan uit vier aktiwiteite, naamlik (Polya, 1945 ; Siswono, 2010:20):

- Eerstens, 'n probleem begryp – Dit beteken dat leerders die probleem moet verstaan, die leerder moet kan identifiseer watter vraag of probleem hier gestel is (Polya, 1945; Siswono, 2010:20).
- Tweedens, die ontwikkeling van 'n plan – In die fase van probleemoplossing moet jy dink oor hoe jy die probleem gaan oplos (Polya, 1945; Siswono, 2010:20).
- Derdens, die uitvoering van die plan – Hierdie aktiwiteit is die implementering deel van jou plan (Polya, 1945; Siswono, 2010:20).
- Laastens, refleksie – Die aktiwiteit van probleemoplossing is seker die belangrikste aktiwiteit sowel as die aktiwiteit wat die meeste deur die leerders vergeet word, dit is hier waar jy kyk of jou antwoord wat jy in aktiwiteit 3 (*cf.* die uitvoering van die plan) gekry het, korreleer met die vraag wat in aktiwiteit 1 (*cf.* 'n probleem begryp) gevra is (Polya, 1945; Siswono, 2010:20).

Wiskunde handel oor probleemoplossing en probleemoplossing is 'n kreatiewe proses (Piggott, 2007:3). Wanneer leerders probleme in die gesig staar, moet die leerders alternatiewe en verskeie oplossings vir 'n probleem vind, en hierdie is dus die essensie van die kreatiewe proses (Mrayyan, 2016:92). Wanneer leerders in 'n probleemoplossende situasie geplaas word, is die gegewe probleem altyd binne 'n konteks waarin die leerders vertrou is, byvoorbeeld 'n probleem

met betrekking tot die toepassing van 'n wiskundige konsep wat die leerders so pas bemeester het (Piggott, 2007:3). Hierdie is meer 'n voorbeeld van 'n geslote probleem wat min ruimte laat vir verkenning en kreatiwiteit. Volgens Grégoire (2016:25) moet wiskunde-onderwysers eerder oop-einde probleme wat wiskundige kreatiwiteit stimuleer, aan leerders stel. 'n Oop-einde probleem is 'n probleem wat 'n verskeidenheid van moontlike antwoorde bevat (Maharani, 2014:123)

Grégoire (2016:25) se siening word ondersteun deur Panaoura en Panaoura (2014:2) wat verklaar dat oop-einde probleme leerders se kreatiewe denke ontwikkel. Deur gebruik te maak van oop-einde probleme kan leerders hul vaardigheid, aanpasbaarheid en oorspronklikheid in probleemoplossing ontwikkel (Sriwongchai *et al.*, 2015:77). Probleemoplossing lê dus aan die kern van leerder-kreatiwiteit in wiskundeklaskamers en probleemoplossing is die kern van effektiewe leer en onderrig van wiskundige kreatiwiteit (Sriwongchai *et al.*, 2015:77).

Deur die ontwikkeling van probleemoplossingsvaardighede en die gebruik van probleme om aspekte van wiskunde te verken, kan leerders bemaagtig voel om 'te dink vir hulself' (Piggott, 2007:3). Onderrig deur middel van probleemoplossing is dus doeltreffend vir die ontwikkeling van kreatiewe denke (Mrayyan, 2016:92). Kreatiewe denke kan bevorder word met kreatiwiteit en met die gebruik van kreatiewe probleemoplossing (Kandemir & Gur, 2007:108).

2.6 Die rol van kreatiewe denke in probleemoplossing

Die insluiting van kreatiewe denke wiskunde-probleemoplossing kan die aanleer van die leerstof vir die leerder vergemaklik, asook begrip en internalisering verbeter (Bishara, 2016:5). In die bogenoemde paragraaf 2.5 is daar klem gelê op die vier algemene kenmerke van probleemoplossing. Hierdie afdeling gaan 'n oorsig bied oor wiskunde-probleemoplossing tydens kreatiewe denke.

Probleemoplossing word beskou as 'n noodsaaklike komponent van wiskunde-onderwys wêreldwyd, en word ook beskou as die hart van wiskunde-onderwys (Arikan & Ünal, 2015:1404). Die *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) beklemtoon dat leerders wiskundeprobleme op verskillende wyses moet oplos, asook hulle eie probleme in gegewe situasies genereer (Arikan & Ünal, 2015:1404). As 'n probleem as moeilik beskou word, is probleemoplossing die aangewese vaardigheid om hierdie moeilike probleem op te los (Torrance, 1977:6; Arikan & Ünal, 2015:1404).

In die afgelope jare is probleemoplossing gebruik as gereedskap om leerders se denke en begrip in wiskunde-leer te identifiseer (Arikan & Ünal, 2015:1404). Probleemoplossing is 'n alledaagse noodsaaklikheid en 'n vaardigheid wat voortdurend verbeter moet word om ons voortbestaan te ondersteun (Arikan & Ünal, 2015:1404). Wiskunde bestaan nie net uit syfers nie, en dit moet

aangebied word as 'n benadering wat leerders toelaat om oplossings, verwantskappe en verhoudings te ondersoek en te ontdek (Idris, 2006:105 ; Arikan & Ünal, 2015:1404 ; Mrayyan, 2016:92). Wanneer leerders hulle eie probleme skep en dan hierdie probleme oplos, bevorder dit hulle ervaring (Arikan & Ünal, 2015:1404). Probleemoplossing is 'n leerproses en leerders wat slegs memoriseer en 'n tradisionele benadering volg het nie die geleentheid om hulle eie probleme te skep nie (Belbase, 2013:235; Arikan & Ünal, 2015:1404). Figuur 2.3 toon die interaksie tussen probleemoplossing en kreatiwiteit (kreatiewe denke) in wiskunde asook ander benaderings duidelik aan (Arikan & Ünal, 2015:1404).



Figuur 2.3: Interaksie tussen probleemoplossing en kreatiwiteit (kreatiewe denke) in wiskunde (Arikan & Ünal, 2015:1404).

Vanuit Figuur 2.3 gaan ek meer fokus plaas op kreatiewe denke en probleemoplossing. Uit die Afdelings (cf. 2.4 & 2.5) kom dit duidelik na vore dat kreatiewe denke die gebruik van oorspronklike oplossingsmetodes behels wat verskil van konvensionele metodes (Arikan & Ünal, 2015:1407).

Die gebruik van verskeie oplossingsmetodes ontwikkel kreatiewe denke en help met die identifisering daarvan (Leiken, 2009:129; Arikan & Ünal, 2015:1407). Byvoorbeeld, as 'n leerder 'n oplossing bereik deur gebruik te maak van 'n ander metode as die meeste van die leerders, het hy/sy 'n hoër kreatiewe denkvlak as die ander leerders (Arikan & Ünal, 2015:1407). In

samevatting kom dit na vore dat kreatiewe denke in wiskunde en wiskunde-probleemoplossing oor gemeenskaplike eienskappe beskik.

Probleemoplossing en probleemoplossingsaktiwiteite van wiskunde-onderwys dra by tot die kreatiewe denke van leerders (Arikan & Ünal, 2015:1407). Die eerste aktiwiteit in probleemoplossing (cf. Afdeling 2.5) met ander woorde om 'n probleem te begryp, kan gesien word as die begin van die kreatiewe denkproses (Mann, 2006:240; Arikan & Ünal, 2015:1407; Grégoire, 2016:31). Dit kan verklaar word dat kreatiewe denke in wiskunde 'n noue verband het met probleemoplossing (Mann, 2006:240; Arikan & Ünal, 2015:1407; Grégoire, 2016:31). Daarbenewens, word die buigsaamheid aspek van kreatiewe denke geassosieer met leerders se probleemoplossingsmetodes wat meer as een oplossing in wiskunde behels (Arikan & Ünal, 2015:1407).

In die konteks van hierdie navorsingstudie is dit belangrik om te weet wat hierdie vier dimensies tydens wiskunde-probleemoplossing behels, aangesien hierdie vier dimensies gebruik gaan word om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se antwoorde op gegewe probleme te ondersoek. Die onderstaande Tabel 2.3 beskryf wat hierdie vier dimensies tydens wiskunde-probleemoplossing behels.

Tabel 2.3: Dimensies van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Dimensies	Leiken (2009)	Wessels (2014)
Vlotheid	Vlotheid verwys na die kontinuïteit van idees, vloei van assosiasies, en die gebruik van basiese en universele kennis (Leiken, 2009:129).	Vlotheid verwys na die generering van verskeie oplossings in die konteks van probleemoplossing in wiskunde (Wessels, 2014:23).
Buigsaamheid	Buigsaamheid word geassosieer met die verandering van idees, die benadering van 'n probleem op verskeie maniere, en die vervaardiging van 'n verskeidenheid oplossings (Leiken, 2009:129).	Buigsaamheid is die verandering in fokus, rigting of benadering tydens probleemoplossing in wiskunde (Wessels, 2014:23).
Oorspronklikheid	Oorspronklikheid word gekenmerk deur 'n unieke manier van dink en unieke oplossings van 'n aktiwiteit (Leiken, 2009:129).	Oorspronklikheid verwys na die ontwikkeling van nuwe en unieke oplossings (Wessels, 2014:23).
Uitbreiding	Uitbreiding verwys na die vermoë om idees te beskryf, te verhelder en te veralgemeen (Leiken, 2009:129).	-

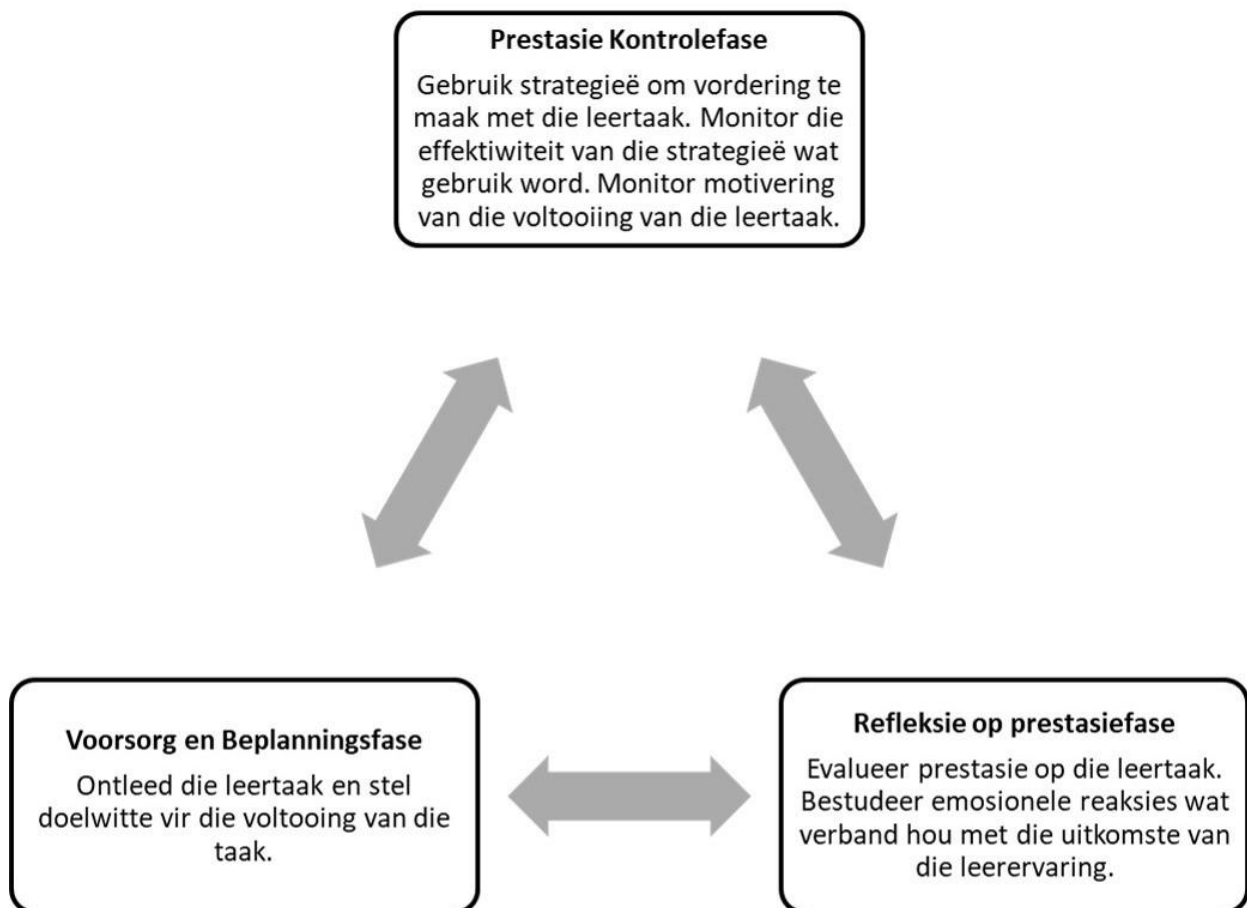
Uit Tabel 2.3 is dit duidelik dat probleemoplossing kreatiewe wiskunde-onderwys en kreatiewe denke aanmoedig, wat ryk en lewende wiskundeleer tot gevolg het (Ayllón, Gómez & Ballesta-Claver, 2016:209). Volgens Ayllón *et al.* (2016:210) bevorder probleemoplossing verbeelding en ontwikkel buigsame denke.

Om wiskunde probleme op te los en hulle betekenis te identifiseer, sal die ontwikkeling van kreatiewe denke bevorder word (Ayllón *et al.*, 2016:211). Soos genoem in Hoofstuk 1 van hierdie navorsingstudie lei dit tot 'n beter gedrag in sosiale vaardighede, motivering, selfstandigheid en prestasie in alle aspekte (Ayllón *et al.*, 2016:211). Om hierdie rede is dit belangrik om wiskundige strategieë en instrumente te ontwikkel wat kreatiewe denke bevoordeel in ons klaskamers (Ayllón *et al.*, 2016:211).

2.7 Self-gerigte leer en kreatiewe denke

Self-gerigte leer verwys na leerders wat meesters van hulle eie leerprosesse word (Darr & Fisher, 2004:1). Self-gerigte leer behels metakognisie, motivering en aktiewe gedrag in die leerproses (Samo, 2016:68). Self-gerigte leerders is persone wat aktief betrokke is by die maksimalisering van hulle vermoë om te leer (Darr & Fisher, 2004:1). Dit behels nie net beheer oor kognitiewe aktiwiteit (metakognisie) nie, maar ontwikkel ook vaardighede wat die regulering van houdings, omgewings en gedrag bevorder om sodoende positiewe leeruitkomste te bevorder (Darr & Fisher, 2004:1). Die leerders begin self hulle eie pogings om kennis en vaardighede te verkry, eerder as om op onderwysers, ouers of ander kollegas staat te maak om akademiese doelwitte te bereik wat gebaseer is op die persepsie van selfdoeltreffendheid (Samo, 2016:68). Verder verduidelik Samo (2016:68) dat selfgeregleerde leer gedefinieer kan word as die vermoë van die leerders om die beste planne vir hulle leer te monitor, evalueer en te maak.

Volgens Zumbbrunn, Tadlock en Roberts (2011:4) bestaan self-gerigte leer uit drie afsonderlike fases, naamlik voorsorg en beplanning, prestasie kontrole en refleksie op prestasie. Verder stel Zumbbrunn, Tadlock en Roberts (2011:4) 'n diagram voor om hierdie drie fases te definieer (*cf.* Figuur 2.4)



Figuur 2.4: Drie fases van self-gerigte leer (Zumbrunn, Tadlock & Roberts, 2011:6)

Volgens Zumbrunn, Tadlock en Roberts (2011:5,12) is die dimensies van kreatiewe denke, naamlik vlotheid en buigsaamheid, verdere kernvaardighede wat in die konteks van self-gerigte leer belangrik is. Figuur 2.4 wys duidelik die drie fases van selfgerigte leer, in die fases (d.w.s. beplanning, monitering, evaluering) moet die dimensies van kreatiwiteit aan die dag gelê word (Johnson, 2011:129). Volgens Sanders (2016:24) word hierdie vier dimensies erken as noodsaaklike vaardighede om doelgerig te dink, om alternatiewe strategieë te ondersoek, en om op uitdagings van die 21ste eeu te reageer.

Probleemoplossing is die gebied binne wiskunde-onderwys waar die direkte toepassing van selfregulerende vaardighede duidelik is (Darr & Fisher, 2004:2). Om aktief sin van probleemsituasies te maak, gebruik van 'n selfgereguleerde benadering, naamlik ontleding, beplanning, verkenning en refleksie (Darr & Fisher, 2004:2).

Om kreatiewe aktiwiteite werkbaar te maak, gebruik individue selfregulerende funksies om hulle gedrag te moniteer en te evalueer (Al-kreimeen, 2014:85). Volgens Al-kreimeen (2014:85) toon

navorsing dat die vorme van kreatiwiteit afhang van individuele belange en vermoëns, die geleentheid om te doen wat hulle wil doen en aktiwiteite wat die grootste bevrediging gee. Verder verduidelik Al-kreimeen (2014:85) dat kreatiewe kognisie voortspruit uit 'n selforganiserende stelsel. Hierdie selforganiserende stelsel maak deel uit van die selfregulerende fases (cf. Figuur 2.4). Navorsing toon dat kreatiwiteit verband hou met self-gerigte leer (Al-kreimeen, 2014:88; Cox, 2002:78).

Volgens Storm en Storm (2002:185) is daar 'n noue verband tussen kreatiewe denke en self-gerigte gedrag. Verder toon Cox (2002:76) aan dat kreatiwiteit versterk word deur self-gerigtheid, wat meer vryheid verskaf om op individuele idees uit te brei. Dit blyk ook dat kreatiwiteit en die ontwikkeling van self-gerigtheid saam werk om leer te bevorder (Cox, 2002:76). Cox (2002:78) beweer voorts dat kreatiwiteit en self-gerigte leer positiewe kwaliteite is. Volgens Storm en Storm (2002:188) stimuleer self-gerigte leer die uitdrukking van divergente denke. Kreatiewe denke is 'n kritiese bates vir die bevordering van self-gerigte leer (Storm & Storm, 2002:194).

2.8 Samevattende oorsig: onderwysers, kreatiewe denke en wiskunde-probleemoplossing

Wiskunde-onderwysers moet bereid wees om die skoonheid en kreatiwiteit van wiskunde te waardeer (Mann, 2006:250). Wiskunde-onderwysers moet die wêreld van wiskunde eers verken voordat hulle hul leerders kan help om dit te ontdek (Mann, 2006:250). Die onderwyser kan leerders se kreatiewe denke positief beïnvloed deur die volgende (Piggott, 2007:3):

- Goeie aanbieding van inhoud.
- Goeie praktykmodel.
- Aanmoediging dat leerders kreatief dink.
- Die gebruik van probleemoplossing in die klaskamer.

Wiskunde-onderwysers gebruik selde probleemgesentreerde onderrig en moenie bang wees om idees uit te ruil en te eksperimenteer nie, maar eerder leerders aanmoedig om risiko's te neem, foute te maak en sodoende vir leerders die geleentheid bied om alternatiewe roetes te ondersoek (Grégoire, 2016:31; Piggott, 2007:4). Wiskunde-onderwysers hoef nie betrokke te raak by hoëvlak wiskunde om kreatief te wees nie. Wat hulle nodig het, is om te besef watter wiskunde hulle kan gebruik en dit dan op kreatiewe maniere toe te pas ten einde leerders se kreatiewe denke te ontwikkel (Piggott, 2007:6). Leerders kan slegs kreatiewe probleemoplossers wees indien wiskunde-onderwysers leerders die vryheid gee om kreatief te dink. 'n Wyse om dit te bereik, is

deur die gebruik van materiaal wat leerders die geleentheid bied om te verken, te ontdek en sin te maak van die wiskunde (Piggott, 2007:6). Volgens Piggott (2007:6) is wiskunde 'n kreatiewe vak in skole en moet wiskundeonderwysers bereid wees om wiskunde op verskeie maniere aan te bied asook om “te laat gaan” en leerders die ruimte te gee om te verken en te ondersoek sodat leerders die geleentheid kry om kreatief te dink. Deur leerders ruimte te gee om te verken, word leerders die geleentheid gebied om te besef waarom wiskunde regtig gaan, naamlik probleemoplossing en word leerders ook die geleentheid gegun om hul sterk punte te openbaar. Die wiskunde-onderwyser wat slegs algoritmes en akkuraatheid beklemtoon, versterk kreatiewe leerders negatief (Mann, 2006:244). Indien die wiskundeonderwyser versuim om kreatiewe denke in die wiskundeklaskamer aan te moedig, ontnem die wiskunde-onderwyser leerders die geleentheid om ten volle hul begrip van wiskunde te ontwikkel (Mann, 2006:244). Volgens Maharani (2014:122) moet wiskunde-onderwysers kreatiewe denke by leerders op die volgende maniere help ontwikkel, naamlik bied take aan met 'n verskeidenheid van antwoorde, respekteer ongewone antwoorde, plaas klem op die proses en nie die uitslag nie, moedig leerders aan om probleemoplossing self te implementeer en verskaf 'n balans aan leerders tussen gestruktureerde en spontane aktiwiteite.

Op skoolvlak, is kreatiwiteit in wiskunde gewoonlik verwant aan probleemoplossing (Nadjafikhaha & Yaftian, 2013:349). Leerders moet geleentheid kry om betrokke te raak in die uitdaging om uitdagende wiskundeprobleme op te los wat leerders kan lei om kreatiwiteit in wiskunde te ervaar (Nadjafikhaha & Yaftian, 2013:349). Dit lei leerders ook om as wiskundiges te dink, wat beteken dat leerders aangemoedig word om na te dink oor hul eie idees (Nadjafikhaha & Yaftian, 2013:349). Vir hierdie doel is dit nodig om onderwysers se vermoëns te verbeter om opvoedkundige omgewings te beplan en te implementeer wat 'n veilige omgewing bied waarin leerders aangemoedig word om risiko's te neem, foute te maak en met ander te kommunikeer en hulle standpunte te deel (Nadjafikhaha & Yaftian, 2013:349).

Indien wiskunde-onderwysers nie alternatiewe sienings aanvaar nie, sal hul bloot 'n omgewing skep waar leerders slegs tegnieke kan toepas in bekende situasies. Hierdie leerders sal sukkel wanneer hulle onbekende situasies teëkom waarin oorspronklikheid, kreatiewe denke en probleemoplossing nodig is. Na aanleiding van die bogenoemde moet die waarde van leerders se kreatiewe denke in skoolwiskunde nie onderskat word nie.

In die volgende afdeling word wiskunde-onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke bespreek.

2.9 Oortuigings

In hierdie afdeling word uitgebrei op die begrip oortuigings (oortuigings oor wiskunde asook oortuigings oor kreatiewe denke). Hierdie afdeling is belangrik aangesien dit een van hierdie studie se doelwitte is om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke te ondersoek.

Ernest (1989) verwys na drie tipes oortuiging oor die aard van wiskunde, naamlik die instrumentalistiese oortuiging, die platonistiese oortuiging en die probleemoplossende oortuiging. Die instrumentalistiese oortuiging behels die sienswyse van wiskunde as 'n stel reëls, feite en prosedures (Ernest, 1989). Die Platonistiese oortuiging van wiskunde behels ook die sienswyse van wiskunde as 'n statiese liggaam van verenigde kennis, maar impliseer dat wiskunde ontdek moet word en nie geskep word nie (Ernest, 1989). Die probleemoplossende oortuiging behels die sienswyse van wiskunde as 'n dinamiese en 'n kreatiewe menslike aktiwiteit waar deurlopende groei plaasvind (Ernest, 1989). Die drie tipes bepaalde oortuigings gaan gebruik word as kriteria vir hierdie voorgenome studie om die oortuigings oor kreatiewe denke van voorgraadse wiskunde-onderwysers te bepaal.

2.9.1. Oortuigings oor kreatiewe denke

Een van die belangrikste doelwitte van wiskunde-onderwys is om leerders se probleemoplossingsvaardighede te ontwikkel (Kandemir & Gür, 2009:1628). In wiskunde-onderwys (soos genoem in Hoofstuk 1), is die doel om leerders se kritiese, kreatiewe en divergente denkvaardighede te ontwikkel (Kandemir & Gür, 2009:1628). Volgens Kandemir en Gür (2009:1628) weet onderwysers nie presies hoe om kreatiewe denke te ontwikkel nie en het onderwysers verskeie oortuigings oor kreatiewe denke.

Kandemir en Gür (2009:1631) plaas klem op voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke. Kandemir en Gür (2009:1631) se bevindinge dui die volgende oortuigings van voorgraadse wiskunde-onderwysers oor kreatiewe denke aan:

- Om gebeure, konsepte, idees en voorwerpe saam te voeg, naamlik sintetisering.
- Die vermoë om verskillende idees, gebeure en voorwerpe op verskillende maniere te kombineer om 'n nuwe produk te vorm of 'n nuwe doel te bereik.
- Om 'n nuwe konsep te bereik deur die huidige data en idees te meng om nuwe idees te vorm.

- Kreatiewe denkvaardighede is nodig vir kreatiwiteit. Leerders moet dus hoër-orde denkvaardighede verwerf deur divergente denke en nie konvergente denke nie.

Voorgaadse wiskunde-onderwysers het in Kandemir en Gür (2009:1631) se studie aangedui dat die onderwysstelsel die belangrikste faktor is wat die ontwikkeling van kreatiewe denke beïnvloed.

2.9.2. Oortuigings oor kreatiewe denke en probleemoplossing

Volgens voorgaadse wiskunde-onderwysers behels kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing die volgende (Kandemir & Gür, 2009:1631-1632):

- 'n Proses waarin oop vrae gebruik is, wat uitdagend is en wat divergente denke vereis.
- 'n Kreatiewe probleemoplossingsvraag is 'n oop vraag en bevat divergente idees.
- Dit is 'n betekenisvolle proses met divergente denke.
- Dit is ook 'n proses wat gedagtes ontwikkel. Hierdie proses help om verskillende wyses van oplossings te vind.

Volgens voorgaadse wiskunde-onderwysers dra kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing beslis by tot leerders se probleemoplossingsvaardighede (Kandemir & Gür, 2009:1634). Leerders dink dan nie meer konvergent oor 'n probleem nie, maar eerder divergent en die leerders leer om logika te gebruik, terwyl hulle probleme oplos (Kandemir & Gür, 2009:1634).

Uit die bogenoemde is dit duidelik dat dit wiskunde-onderwysers se verantwoordelikheid is om probleemoplossingsvaardighede te ontwikkel (Kandemir & Gür, 2009:1628). Dit is ook duidelik dat leerders se probleemoplossingsvaardighede hulle sukses in wiskunde beïnvloed (Kandemir & Gür, 2009:1628). Die toepassing van nuwe onderrig tegnieke in wiskunde-onderwys sal bydra tot die probleemoplossing van leerders en dit is nodig dat wiskunde-onderwysers oor voldoende kennis van hulle veld beskik (Kandemir & Gür, 2009:1628).

Volgens Kattou, Kontoyianni en Christou (2009:297-298) is twee van die komponente om kreatiewe denke te verseker in wiskunde die onderwysers se professionele en persoonlike domein. Professionele domein verwys na onderwysers se rol en aksies tydens onderrig ten einde kreatiewe denke te verbeter (Kattou *et al.*, 2009:297-298). Kattou, Kontoyianni en Christou (2009:297-298) het aangevoer dat onderwysers as fasiliteerders, leervernooters en inspireerders dien. Volgens Kattou, Kontoyianni en Christou (2009:297-298) glo onderwysers dat 'n kreatiewe omgewing oop aktiwiteite moet insluit en nie-roetineprobleme wat leerders vryheid gee om

verbeeldingryke idees toe te pas en nuwe metodes of oplossings te vind. Net so, glo onderwysers dat divergente denke fasiliteer die ontwikkeling van leerders se kreatiewe denke (Kattou *et al.*, 2009:297-298). Verder, die gebruik van 'n verskeidenheid onderrigmetodes en hulpmiddels soos tegnologie, bestaan uit sleutelfaktore wat leerders se kreatiewe denke verbeter (Kattou *et al.*, 2009:297-298). Verder glo onderwysers dat leerders se samewerking met klasmaats van soortgelyke belange bevorder kreatiewe denke (Kattou *et al.*, 2009:297-298). Die persoonlike domein sluit in 'n verskeidenheid persoonlikheidstrekke soos selfvertroue, openheid vir ervaring, fantasie-oriëntering, verbeelding en buigsaamheid van gedagtes (Kattou *et al.*, 2009:297-298).

Ten spyte van die feit dat die meeste onderwysers die belangrikheid van kreatiewe denke erken, sluit hulle dit steeds nie in hulle onderrig in nie (Kattou *et al.*, 2009:298). Onderwysers het die volgende faktore geïdentifiseer wat kreatiewe denke verhinder, naamlik die gebruik van een regte antwoord, geen foute nie, ignoreer van idees en mededinging, evaluering en onvoldoende kennis (Kattou *et al.*, 2009: 298)

Ander remmende eienskappe wat deur onderwysers genoem word, sluit die volgende in, streng in dissipline, klem op kurrikulum, gebrek aan tyd as gevolg van verskeie eksterne druk soos om die sillabus te dek en leerders te help om suksesvol te wees in eksamens (Kattou *et al.*, 2009:298). Gevolglik is onderwysers geneig om memorisering in onderrig te beklemtoon eerder as kreatiewe denke (Kattou *et al.*, 2009:298).

2.10. Samevatting

Hierdie hoofstuk staan bekend as die konseptuele raamwerk vir hierdie studie en elke afdeling is bespreek. Ek het 'n diepgaande bespreking gelewer oor die volgende konsepte, naamlik kreatiwiteit, kreatiewe denke, probleemoplossing, self-gerigte leer en oortuigings. Ek het ook in diepte uitgebrei op die konneksies tussen hierdie verskeie konsepte. In die volgende hoofstuk, Hoofstuk 3, verskaf ek 'n gedetailleerde uiteensetting van die navorsingsontwerp wat in die studie gebruik word, asook 'n motivering vir die gekose ontwerp.

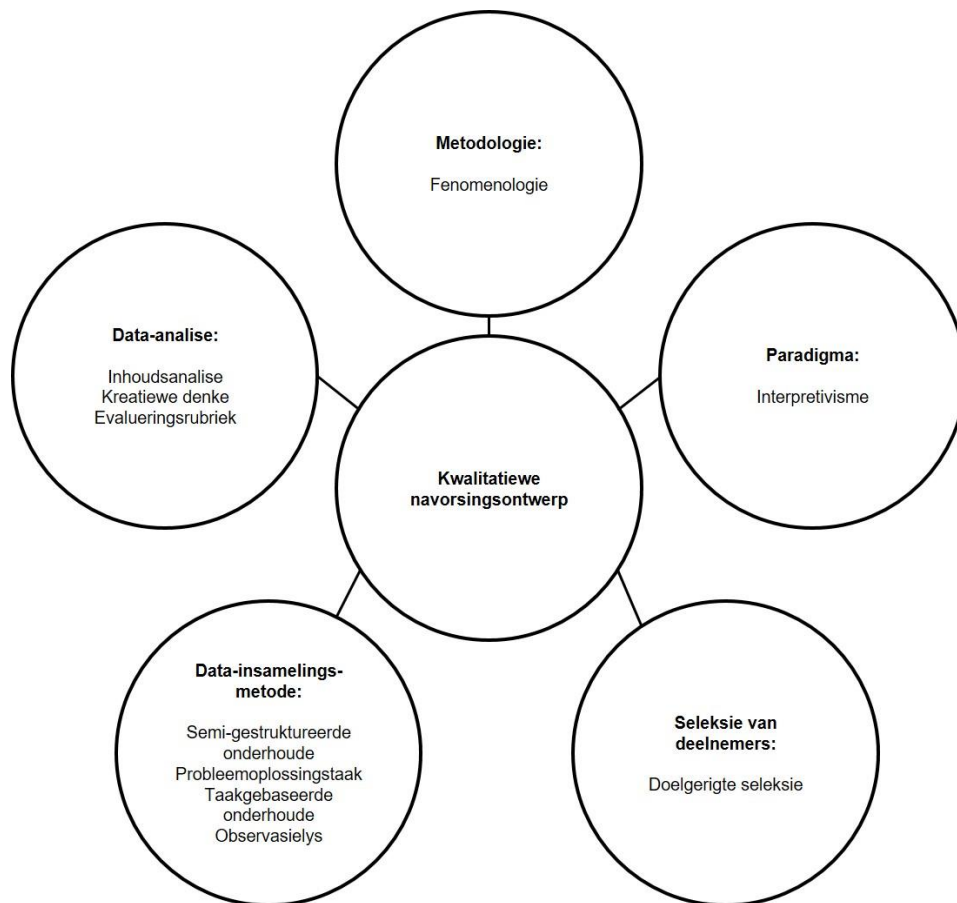
HOOFSTUK 3: NAVORSINGSONTWERP EN METODOLOGIE

3.1. Inleiding

In die voorafgaande Hoofstuk 2 is die literatuur met betrekking tot kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing asook oortuigings oor kreatiewe denke uitgelig. Hoofstuk 3 beoog om die metodologiese doel te definieer en te motiveer. Die verskillende aspekte van die navorsingsontwerp soos die metodologie, paradigma, steekproef, metodes van data-insameling en die data-analise word beskryf. Ten slotte word aspekte wat verband hou met vertrouenswaardigheid en etiek bespreek.

3.2. Navorsingsontwerp

Nieuwenhuis (2016b:72) definieer 'n navorsingsontwerp (aksieplan) as 'n plan of strategie wat beweeg vanuit onderliggende filosofiese aannames in die navorsingstudie. Die keuse van 'n navorsingsontwerp is afhanklik van 'n navorser se aannames, navorsingsvaardighede, navorsingspraktyke en beïnvloed die manier hoe data ingesamel word (Nieuwenhuis, 2016b:72). Volgens Fouché, Delport en De Vos (2011:142) is 'n navorsingsontwerp die proses om jou perspektief vir die doeleindes van 'n bepaalde studie te fokus. Volgens Nieuwenhuis (2016b:73) rig die navorsingsontwerp die navorser om die struktuur van die studie te verstaan asook die kwalitatiewe studie te beplan en uit te voer. Hierdie studie behels navorsing deur middel van 'n kwalitatiewe fenomenologiese benadering. Die navorsingsontwerp word voorgestel deur Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Navorsingsontwerp

Die gekose navorsingsontwerp sal vervolgens verduidelik word. Die metodologie (*cf.* 3.3), paradigma (*cf.* 3.4), steekproef (*cf.* 3.5), data-insamelingsmetodes (*cf.* 3.6), en data-analisemetodes (*cf.* 3.7) sal ook bespreek word.

3.3. Navorsingsmetodologie

Vir die doel van hierdie studie is fenomenologie as die navorsingsmetodologie gebruik. Creswell (2009:13) verduidelik dat fenomenologiese navorsing as 'n strategie van ondersoek beskou kan word waarin die navorser die essensie van menslike ervarings oor 'n verskynsel identifiseer soos beskryf deur die deelnemers. Fenomenologie fokus op die nugter besinning oor die geleefde ervaring van die menslike bestaan, met ander woorde, hoe individue die wêreld ervaar (Nieuwenhuis, 2016c:105). Fenomenologie is 'n studie wat poog om mense se oortuigings, perspektiewe en begrip van 'n bepaalde situasie te verstaan (Fouché & Schurink, 2011:316).

Fenomenologie is 'n geskikte metodologie vir die studie omdat ek die deelnemers se persoonlike ervaring in hulle eie leefwêreld openbaar. Dié metodologie is ook geskik vir die doel van die studie omdat ek eerstehandse ervaring gekry het deur met die deelnemers te kommunikeer deur

middel van semi-gestruktureerde onderhoude en taakgebaseerde onderhoude. Fenomenologie pas by die navorsingsvrae en is in ooreenstemming met die toepaslike data-insamelingsmetodes. Fenomenologie is waardevol omdat dit my toelaat om betekenis te gee aan dit wat die deelnemers my vertel het – in hierdie geval, senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. Ek het ook voorgraadse wiskunde-onderwysers se eie insig verkry met betrekking tot kreatiewe denke.

3.4. Navorsingsparadigma

Die navorsingsparadigma wat hierdie navorsing komplementeer is interpretivisme. Jansen (2016:22) definieer interpretivisme as die betekenis wat individue of gemeenskappe aan hulle ervarings toeken. Interpretivistiese studies poog in die algemeen om fenomene te verstaan deur die betekenis wat mense daaraan toeken (Nieuwenhuis, 2016a:60). Die interpretivistiese perspektief is volgens Nieuwenhuis (2016a:61) gebaseer op die volgende aannames: die mens se lewe kan slegs van binne verstaan word; die sosiale lewe is 'n kenmerkende menslike produk; die menslike verstand is die doelgerigte bron of oorsprong van betekenis; menslike gedrag word deur kennis van die sosiale wêreld beïnvloed; en die sosiale wêreld bestaan nie onafhanklik van die menslike kennis nie.

Nieuwenhuis (2016a:60) stel dat interpretivisme sterk beïnvloed word deur fenomenologie. Vanweë hierdie sterk verband, is interpretivisme gebruik vir hierdie navorsingstudie. Interpretivisme is ook van toepassing op die navorsingsvraag (Nieuwenhuis, 2016a:60), want dit onderlê die aspirasies van die navorser om insig te verkry in die deelnemers se oortuigings oor kreatiewe denke en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

3.5. Steekproef

'n Doelgerigte steekproef van deelnemers is aangewend. Volgens Nieuwenhuis (2016b:85) maak kwalitatiewe navorsing in die algemeen gebruik van 'n doelgerigte steekproef. Volgens Etikan, Musa en Alkassim (2016:2) is hierdie steekproefmetode 'n nie-ewekansige tegniek en benodig dit nie onderliggende teorieë of 'n sekere aantal deelnemers nie. Volgens Strydom en Delport (2011:392) is 'n doelgerigte steekproef 'n steekproef wat die deelnemers doelbewus oor die navorsingsprobleem sal inlig sodat hulle die probleem begryp. 'n Doelgerigte steekproef fokus voorts op individue met besondere eienskappe wat beter in staat sal wees om met die tersaaklike navorsing te help (Etikan *et al.*, 2016:3; Merriam, 2009:77). Die spesifieke eienskappe waaraan deelnemers vir die studie moes voldoen was dat hulle voorgraadse wiskunde-onderwysers in die senior- en VOO fase moet wees in die finale jaar van hulle studie wat reeds alle wiskundemodules

voltooi het. Senior-en VOO fase voorgraadse wiskunde-onderwysers het meer wiskundemodules as die ander fases behandel en het moontlik oor 'n breër wiskundekennis beskik.

Daar is geen reëls in steekproefgrootte vir 'n kwalitatiewe ondersoek nie. Steekproefgrootte hang af van wat jy wil weet, die doel van die ondersoek, waarom dit gaan, wat nuttig sal wees, wat geloofwaardigheid sal hê, en wat gedoen kan word met beskikbare tyd en hulpbronne (Maree & Pietersen, 2016:84). McMillan en Schumacher (2006:321) beweer dat 'n doelgerigte steekproef wissel van 1 tot 40 deelnemers. Hierdie steekproef is geskik vir hierdie navorsingstudie, aangesien 'n klein populasie van 27 senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysstudente uitgenooi is om vrywillig aan hierdie navorsingstudie te kon deelneem. Die studente is nie direk deur my genader nie, maar deur 'n onafhanklike persoon om vrywillig deel te vorm van die navorsingstudie. Twaalf senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers in hulle finale jaar aan 'n Suid-Afrikaanse Universiteit het vrywillig deelgeneem aan die studie.

3.6. Data-insamelingsmetodes

Greeff (2011:341) stel dat die doel van navorsing is om die navorser te rig om die mees geskikte metode te kies vir die insameling van data. Hierdie studie se primêre doel was om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing te ondersoek. Die doel van hierdie studie hou verband met fenomenologie, aangesien die ervarings van die deelnemers verkry kan word deur die deelnemers se oortuigings (Van Manen & Adams, 2010).

Volgens Nieuwenhuis (2016b:87) weerspieël die meeste kwalitatiewe navorsingstudies data-insameling en data-analise nie as twee afsonderlike prosesse nie, maar eerder as 'n aaneenlopende, sikliese en nie-lineêre proses. Data vir die studie is ingesamel deur middel van semi-gestruktureerde onderhoude (cf. 3.6.1), 'n probleemoplossingstaak (cf. 3.6.2), taakgebaseerde onderhoude (cf. 3.6.3) en 'n observasieskedule (cf. 3.6.4). Hierdie data-insamelingsmetodes het my in staat gestel om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing vas te lê.

3.6.1. Semi-gestruktureerde onderhoude

Navorsers gebruik semi-gestruktureerde onderhoude ten einde 'n beeld van 'n deelnemer se oortuigings of persepsies oor 'n spesifieke onderwerp te kry (Greeff, 2011:351-352). Nieuwenhuis (2016b:87) sê verder dat daar van die deelnemers verwag word om oopeinde vrae te beantwoord wat voorsiening maak vir verdere ondersoek en verduideliking.

Ek het semi-gestruktureerde onderhoude gevoer met die deelnemers wat my gehelp het om hulle oortuigings oor kreatiewe denke in wiskunde asook wiskunde-probleemoplossing vas te lê. Die semi-gestruktureerde onderhoudsvrae is oopeinde vrae wat aangepas is vanuit sommige vrae soos in die MALATI (Mathematics Learning and Teaching Initiative) “*beliefs questionnaire*” (cf. Bylaag D). Volgens Creswell (2009:179) is die nadele en voordele vir die gebruik van semi-gestruktureerde onderhoude die volgende:

Nadele

- Die navorser se teenwoordigheid kan vooroordeel in die vooruitsig stel.
- Nie alle individue is ewe artikulerend en waarnemend nie.

Voordele

- Deelnemers kan historiese inligting verskaf.
- Navorser het beheer oor die verloop van ondervraging.

Volgens Maree en Pietersen (2016:180) is die voordele vir die gebruik van oopeinde vrae die volgende:

- Deelnemers verskaf eerlike antwoorde in detail tot ‘n sekere mate.
- Die deelnemer se denkproses kom na vore tot ‘n sekere mate.
- Analise van deelnemers se antwoorde sal interessante inligting, kategorieë en subkategorieë oplewer.

Die semi-gestruktureerde onderhoude is aangesig-tot-aangesig met elk van die deelnemers gevoer. Die doel van die semi-gestruktureerde onderhoude was om deelnemers die geleentheid te gee om hulle oortuigings uit te lig oor kreatiwiteit en kreatiewe denke in wiskunde asook oor wiskunde-probleemoplossing. Deelnemers het ook die geleentheid gekry om hulle idees vrylik in hul eie woorde te bespreek. Die semi-gestruktureerde onderhoude is in Engels of Afrikaans gevoer, afhangende van die voorkeurtaal van die deelnemer. Die Engelse onderhoude is vertaal in Afrikaans en toe getranskribeer aangesien die studie in Afrikaans geskryf word.

Die semi-gestruktureerde onderhoude het ongeveer 40 minute geduur. Onderhoude is gevoer op tye wat gerieflik was vir die deelnemers en wat nie ingemeng het met hulle akademiese tyd nie. ‘n Diktafoon is gebruik om die semi-gestruktureerde onderhoude op te neem en daarna te transkribeer. Ek het ‘n observasieskedule tydens die verloop van die semi-gestruktureerde

onderhoude gemaak om deelnemers se reaksies en houdings te noteer, wat gebruik kan word vir die finale bevindinge (Greeff, 2011:359).

3.6.2. Probleemoplossingstaak

Na afloop van die semi-gestruktureerde onderhoude het ek die deelnemers gevra om 'n probleemoplossingstaak (cf. Bylaag F) te voltooi. Hierdie taak bestaan uit drie oopeinde wiskundeprobleme wat die deelnemers moet oplos. Hierdie oopeinde wiskundeprobleme behels al vier dimensies van kreatiwiteit, naamlik vlotheid, buigsaamheid, oorspronklikheid en uitbreiding (cf. 2.3.1 vir verdere definisies) en het ten doel om die deelnemers se kreatiewe denke aan te moedig.

Die genoemde probleemoplossingstaak het my in staat gestel om die deelnemers se kreatiewe denke te analiseer met behulp van die genoemde vier dimensies. Die kreatiewe denke evalueringrubriek (cf. 3.7.2) is gebruik om te analiseer hoe hulle, hulle kreatiewe denke tydens die oplossing van die oopeinde wiskundeprobleme implementeer. Die probleemoplossingstaak het ongeveer 'n uur geduur.

3.6.3. Taakgebaseerde onderhoude

Taakgebaseerde onderhoude bied geleentheid om studente se konseptuele kennis te assesseer, maar hulle kan ook geleentheid bied om daardie begrip uit te brei (Assad, 2015:18). Die onderhoud-protokol kan gestruktureer word met die voorstelle en antwoorde van die onderhoudvoerder vooraf, of dit kan semi-gestruktureerd wees, sodat die onderhoudvoerder die regte antwoord op studente se wiskundige redenasie kan beoordeel (Assad, 2015:18).

Deur middel van ondervraging kan die onderhoudvoerder studente motiveer om hulle antwoorde self te korrigeer wanneer hulle foute maak of om 'n probleem uit te brei of te veralgemeen (Assad, 2015:18). Deur die onderhoud word die studente aangemoedig om hulle eie strategieë en eie wiskundige denke te ondersoek en sodoende hul konseptuele begrip van die situasie uit te brei (Assad, 2015:18).

Maher en Sigly (2014:579) stel dat taakgebaseerde onderhoude ontwerp is vir die kommunikasie tussen die deelnemer en die navorser, maar ook vir die taakomgewing wat deeglik ontwerp is vir die doel van die onderhoud. 'n Deeglike gekonstrueerde taak is 'n baie belangrike komponent van 'n taakgebaseerde onderhoud, veral in wiskunde-onderwys (Maher & Sigly, 2014:579) (cf. Bylaag G).

Na afloop van die probleemoplossingstaak is taakgebaseerde onderhoude gevoer. Die taakgebaseerde onderhoude het ongeveer 40 minute geduur. Dit het my in staat gestel om insig te verwerf oor die deelnemers se kreatiewe denke. Dit het my gehelp om te analiseer hoe die deelnemers kreatiewe denke voorstel en uitbrei, asook hoe hulle hierdie denke implementeer tydens wiskunde-probleemoplossing ten einde konneksies te kan maak tussen hulle kreatiewe denke en probleemoplossing vaardighede. Hierdie onderhoude was ook getranskribeer en het dieselfde proses gevolg as die semi-gestruktureerde onderhoude (cf. 3.6.1).

3.6.4. Observasieskedule

Ek het 'n observasieskedule (cf. Bylaag E) ontwerp wat sistematiese beskrywing van die deelnemers se nie-verbale gedrag tydens die voltooiing van die probleemoplossingstaak weergee (Nieuwenhuis, 2016b:90). Ek het die observasieskedule gebruik terwyl elke deelnemer die probleemoplossingstaak voltooi het. Dit stel 'n lopende rekord voor van die kwaliteit en aard van die spesifieke kreatiewe denkprosesse wat waargeneem word wanneer die studente die probleemoplossingstaak voltooi (Nieuwenhuis, 2016b:90). Die observasieskedule is bruikbaar tydens die interpretasie van die data, aangesien dit die deelnemers se houdings en reaksies noteer .

3.7. Data-analisemetodes

Die ingesamelde data is op twee afsonderlike wyses geanaliseer. Die verskeie onderhoude en observasieskedule is met behulp van inhoudsanalise geanaliseer en die probleemoplossingstaak is met behulp van 'n kreatiewe denke evalueringsrubriek geanaliseer. Die resultate is daarna geïntegreer om 'n dieper begrip te verkry oor senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

3.7.1. Inhoudsanalise

Na afloop van die onderhoude is 'n transkripsie van die data saamgestel. Daarna is die data-analise gedoen deur middel van inhoudsanalise (cf. Bylaag H). Volgens Nieuwenhuis (2016c:111) is inhoudsanalise 'n induktiewe en iteratiewe proses waar die navorser kyk na ooreenkomste en verskille in die teks wat 'n teorie sal bevestig of ondermyn. Nieuwenhuis (2016c:111) verduidelik dat inhoudsanalise gebruik word om kwalitatiewe response tot oopeinde vrae te ontleed. Verder verduidelik hy ook dat inhoudsanalise gebruik word vir die ontleding van kwalitatiewe response, wat sal help om rou data te verifieer (Nieuwenhuis, 2016c:111).

Induktiewe kodering is voorts toegepas. Volgens Engelbrecht (2016:123) is induktiewe kodering 'die afbreek van data na 'n konteks van konsepte en kategorieë'. Hierdie kodering het my gehelp om die data wat ingesamel word as 'n geheel te verstaan. Die kwalitatiewe induktiewe analise behels die volgende prosedures (Creswell, 2009:185-188):

Die transkripsies is eerstens voorberei. In hierdie studie kan betroubaarheid en geldigheid van die data verseker word om die transkripsies te verifieer.

Die volledige getranskribeerde teks en observasieskedule is tweedens deurgelees om 'n algehele oorsig te verkry van die inhoud en konteks voordat die induktiewe koderingsproses plaasgevind het.

Die getranskribeerde teks is in betekenisvolle temas en kategorieë georganiseer. Soos die analise gevorder het is daar verdere subtemas en subkategorieë ingesluit om verbindings en verhoudings te identifiseer.

Evaluering van die kodering het plaasgevind vir die toepaslikheid ten opsigte van die navorsingsdoelwitte (*cf.* 6. vir navorsingsdoelwitte).

Julien (2008:121) beweer dat die gebruik van inhoudsanalise die voordeel van buigsaamheid bied. Dit bied ook 'n sistematiese wyse om 'n verskeidenheid van data te sintetiseer (Julien, 2008:121). Inhoudsanalise het my in staat gestel om 'n beter begrip te kry oor senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing asook hoe dié onderwysers se oortuigings oor kreatiewe denke die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing beïnvloed (*cf.* Hoofstuk 4).

3.7.2. Kreatiewe denke evalueringsrubriek

Die kreatiewe denke evalueringsrubriek is gebruik om die deelnemers se implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing te analiseer. Hierdie rubriek bestaan uit die vier dimensies van kreatiewe denke asook uit vier eienskappe.

Hierdie rubriek is gebruik na afloop van die probleemoplossingstaak om die take van die verskeie deelnemers te ondersoek. Die rubriek met verskeie komponente was 'n waardevolle instrument tydens die analise van die deelnemers se response op die probleemoplossingstake.

Die kreatiewe denke evalueringsrubriek word voorgestel in Tabel 3.1. Kreatiwiteit word gekenmerk deur vlotheid, buigsaamheid, oorspronklikheid en uitbreiding (*cf.* 2.3.1). Twee of meer

van hierdie elemente moet teenwoordig wees met 'n telling van 3 of hoër om oorweeg te word as 'n kreatiewe denker.

Tabel 3.1: Kreatiewe denke evalueringsrubriek aangepas uit Black (1990)

	1	3	5
Vlotheid	Bevat min tot geen idees	Bevat 'n goeie aantal idees	Bevat baie idees
Buigsaamheid	Benader die probleem op 'n ander manier deur hulp	Benader die probleem op 'n ander manier	Benader die probleem op 'n aantal verskillende maniere
Oorspronklikheid	Genereer min unieke of ongewone idees	Genereer 'n hele paar unieke of ongewone idees	Genereer baie unieke of ongewone idees
Uitbreiding	Bied geen fyn of ryk detail nie	Bevat 'n goeie aantal fyn of ryk detail	Bevat baie ryk en fyn detail
Nuuskierigheid	Demonstreer min nuuskierigheid om probleme op te los	Demonstreer nuuskierigheid om probleme op te los	Demonstreer 'n hoë graad van nuuskierigheid om probleme op te los
Kompleksiteit	Soek geen alternatiewe om probleme op te los	Soek alternatiewe om probleme op te los	Soek alternatiewe om probleme op te los en ontwikkel strategieë
Neem van risiko's	Geen gewilligheid om kanse te neem	Gewillig om kanse te neem	Demonstreer 'n hoë graad van gewilligheid om kanse te neem en planne in aksie te stel
Verbeelding	Geen visualisering van planne of idees	Visualiseer planne en idees en sien verder as die praktiese	Visualiseer planne en idees tot 'n hoë graad

Tabel 3.1 bied 'n duidelike beskrywing van elke dimensie en eienskap betrokke by kreatiewe denke vir die evaluering van kreatiewe denke. In die volgende afdeling volg 'n diepgaande beskrywing oor die vertrouenswaardigheid van hierdie navorsingstudie.

3.8. Vertrouenswaardigheid

Vertrouenswaardigheid is 'n belangrike komponent binne die navorsingsproses (Amankwaa, 2016:121). Volgens Connelly (2016:435) verwys vertrouenswaardigheid na die mate van vertrou-

in die data asook na interpretasie en metodes wat gebruik word om die kwaliteit van die studie te verseker.

Lincoln en Guba (soos aangehaal deur Cope, 2014:89) bied vier kriteria vir die ontwikkeling van vertrouenswaardigheid, naamlik geloofwaardigheid, oordraagbaarheid, betroubaarheid en bevestigbaarheid.

Geloofwaardigheid verwys na die waarheid van die data of die oortuigings van die deelnemers, en die interpretasie en verteenwoordiging van hierdie oortuigings deur die navorser (Cope, 2014:89). In die studie is die semi-gestruktureerde onderhoude en taakgebaseerde onderhoude van die deelnemers geverifieer deur gebruik te maak van bandopnames om die presiese woorde van die deelnemers op te neem, wat daarna getranskribeer is.

Oordraagbaarheid verwys na bevindings wat in ander kontekste toegepas kan word (Cope, 2014:89). 'n Kwalitatiewe studie voldoen aan hierdie kriterium indien die resultate betekenis sal gee aan die individue wat nie by die studie betrokke is nie en lesers kan resultate met eie ervarings assosieer (Cope, 2014:89). Ek het 'n duidelike agtergrond oor die studie verskaf wat individue in ander kontekste in staat gestel het om te assosieer met hierdie studie.

Betroubaarheid verwys na die konsekwentheid van die data oor soortgelyke toestande (Cope, 2014:89). In hierdie studie het die studieleier en 'n onafhanklike persoon die direkte transkripsies en interpretasies ondersoek om te verseker dat dit saamhang met die response van die deelnemers.

Bevestigbaarheid verwys na die vermoë van die navorser om aan te toon dat die data die deelnemers se response verteenwoordig en nie die navorser se eie standpunte nie (Cope, 2014:89). Ek het beskryf hoe gevolgtrekkings en interpretasies verkry is. Die bevindinge is ook direk afgelei van die data wat ingesamel is.

Noukeurige kontrolering van hierdie vier kriteria, soos hierbo uiteengesit, het vertrouenswaardigheid in die kwalitatiewe studie verseker.

3.9. Etiese oorwegings

Ek het eerstens aansoek gedoen vir etiese klaring by die Etiekkomitee (Fakulteit Opvoedingswetenskappe, Etieknommer: NWU-00481-17-A2) voor die aanvang van die navorsing. Ek het 'n brief aan die Dekaan van dié Fakulteit, waar die studie uitgevoer is, gestuur om toestemming te verkry om die navorsing uit te voer.

Benewens die verkryging van toestemming vanaf die Etiekkomitee en die dekaan van die Fakulteit, moet daar volgens Creswell (2009:88) aan die volgende etiese vereistes in hierdie studie voldoen word.

3.9.1. Etiese kwessies

Tydens die identifisering van die navorsingsprobleem is dit belangrik om 'n probleem te identifiseer wat tot voordeel sal wees vir die individue wat bestudeer word (Creswell, 2009:88). Die probleem wat in hierdie studie bestudeer word, moet betekenisvol wees. Hierdie studie kan beskou word as betekenisvol omdat dit op 'n belangrike vaardigheid fokus wat in die vak wiskunde van die Nasionale Kurrikulum- en Assesseringsbeleidsverklaring (KABV) voor kom, naamlik kreatiewe denke. Kreatiewe denke is 'n gewenste vaardigheid in die KABV. Die KABV stel dat leerders die volgende moet kan doen: 'identifiseer en los probleme op en neem besluite deur kritiese en kreatiewe denke' (DBO, 2011:5).

3.9.2. Etiese kwessies in die doel en vrae

Volgens Creswell (2009:88) moet navorsers die doel van die studie duidelik aan die deelnemers oordra. Voordat ek ingeligte toestemming van die deelnemers verkry het, is eerstens die doel van die studie duidelik aan die deelnemers gestel, sodat die deelnemers nie deurmekaar raak of dalk 'n verkeerde verstaan het oor hulle betrokkenheid in die studie nie (Creswell, 2008:89).

3.9.3. Etiese kwessies in die data-insameling

Volgens Creswell (2009:89) moet die navorser 'n ingeligte toestemmingsbrief opstel wat die deelnemers moet teken voordat hulle deel vorm van die studie.

Maree (2016:44) beweer dat daar noodsaaklike etiese aspekte is, naamlik die kwessie van vertroulikheid van die resultate en bevindinge van die studie asook die beskerming van deelnemers se identiteite. Hy beklemtoon die etiese kwessie van die handhawing van vertroulikheid (Maree, 2016:44). Om dié rede moet navorsers altyd daarna streef om die identiteit van die deelnemers te beskerm om sodoende ook die deelnemers teen leed te beskerm (Maree, 2016:44). Die volgende etiese vereistes, uitgelig deur Van Wyk (2015:572), is in die studie nagekom om te verseker dat die studie eties uitgevoer is, naamlik: om ingeligte toestemming van die deelnemers te verkry; die deelnemers te verseker van die vertroulikheid van alle inligting en dat hulle deelname vrywillig is; en dat hulle ter enige tyd aan die studie kan onttrek.

In hierdie studie het die deelnemers die dag en tyd gekies wat vir hulle gerieflik was. Die navorsingstudie het nie inbreuk gemaak op hulle akademiese programme nie. Die navorser het

ook toestemming van die deelnemers verkry om van 'n diktafoon gebruik te maak. Klankopnames van die semi-gestruktureerde en taakgebaseerde onderhoude is met geen ander persoon gedeel nie, behalwe my studieleier. Die data (elektroniese data) word veilig bewaar vir 'n tydperk van sewe jaar.

3.9.4. Etiese kwessies in die data-analise en interpretasie

Tydens die uitvoering van die onderhoude asook wanneer deelnemers die probleemoplossingstaak voltooi, moet hulle gewaarborg word dat hulle onderhoude asook probleemoplossingstaak vertroulik sal bly (Creswell, 2008:91). In hierdie studie het slegs ek en die studieleier toegang tot die inligting. Ek het ook aan die deelnemers terugvoering gegee indien hulle graag terugvoering verlang oor die bevindinge van die studie. Die deelnemers kan my kontak deur my kontakbesonderhede te gebruik soos verskaf op die ingeligte toestemmingsbrief.

3.9.5. Etiese kwessies in die skryf en verspreiding van die navorsing

Die navorsing moet nie gebruik maak van woorde of taal wat teen individue vooroordeel skep as gevolg van geslag, etniese groep of ouderdom verskille (Creswell, 2009:92). Navorsers moet ook die vervalsing van bevindings vermy, aangesien dit as wetenskaplike wangedrag beskou word (Creswell, 2009: 92). Hierdie studie het hierdie aspekte verseker in die navorsing asook betroubare data en bevindings verseker.

3.10. Samevatting

In hierdie hoofstuk is 'n gedetailleerde bespreking verskaf van die navorsingsontwerp en metodologie wat gebruik is. 'n Kwalitatiewe fenomenologiese benadering is in detail bespreek in hierdie hoofstuk. Hierdie hoofstuk het die metodologiese doel gedefinieer en gemotiveer. Die verskillende aspekte van die navorsingsontwerp soos die metodologie, paradigma, steekproef, metodes van data-insameling en die data-analise is almal beskryf. Ten slotte is aspekte wat verband hou met vertrouenswaardigheid en etiek bespreek. Die volgende hoofstuk, Hoofstuk 4, sal fokus op die analise en interpretasie van die data.

HOOFSTUK 4: ONTLEDING EN INTERPRETASIE VAN DATA

4.1. Inleiding

Hierdie studie is gelei deur die volgende primêre vrae:

Hoe implementeer voorgraadse wiskunde-onderwysers kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?

Hoe beïnvloed oortuigings oor kreatiewe denke voorgraadse wiskunde-onderwysers se implementering daarvan tydens wiskunde-probleemoplossing?

Ten einde die primêre navorsingsvrae ten volle te ondersoek, is die volgende sekondêre vrae aangespreek:

- Wat behels kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?
- Watter oortuigings het senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Inhoudsanalise is gebruik om hierdie navorsingsvrae te beantwoord. Hierdie hoofstuk bied die ontleding en interpretasie van die studie aan.

4.2. Deelnemer onderhoud response

Hierdie afdeling kyk na die betrokke vraag wat aan die onderhouddeelnemers gevra is en die hooftemas wat geïdentifiseer is (cf. Bylaag H) gaan bespreek word.

In elkeen van die volgende afdelings waarin direkte aanhalings van die deelnemers gebruik is (cf. Bylaag H), word die presiese vraagnommer voorgestel, om my interpretasie te staaf, byvoorbeeld (A2), waar A die deelnemer aandui, en 2, die vraagnommer in die semi-gestruktureerde onderhoude inhoudsanalise. In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response op die vrae gegee word (cf. 4.2.1.1.), daarna volg 'n interpretasie van die data (cf. 4.2.1.2.)

4.2.1. Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van skoolwiskunde

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van skoolwiskunde gegee word (cf. 4.2.1.1.) daarna volg 'n interpretasie van die data van die response op die vraag (cf. 4.2.1.2.).

4.2.1.1. Resultate van die response

Die volgende drie temas kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Skoolwiskunde hou verband met die alledaagse lewe

Drie van die twaalf deelnemers het skoolwiskunde gekoppel aan die alledaagse lewe, soos blyk uit die volgende stellings: 'verskillende wiskundige prosesse te leer wat jy wel iewers in jou lewe gaan gebruik.' (cf. A1), 'Skoolwiskunde is iets wat jou leer om in die samelewing te oorleef.' (cf. B1), 'pas dit toe op alledaagse lewe om probleme op te los.' (cf. G1).

Tema 2: Skoolwiskunde behels probleemoplossing

Vier van die twaalf deelnemers het skoolwiskunde gekoppel aan probleemoplossing. Dit blyk uit die volgende stellings: 'dit help dat jy leer om probleme op te los.' (cf. C1), 'daar is baie dieper goed wat op ander vlakke ook kan implementeer soos probleem-oplossing.' (cf. F1), 'pas dit toe op alledaagse lewe om probleme op te los.' (cf. G1), 'Leerders vaardighede leer om werklike situasie aan te pak met 'n probleemoplossing denkwys.' (cf. J1).

Tema 3: Skoolwiskunde as vak

Vyf uit die twaalfdeelnemers koppel skoolwiskunde aan syfers en die kurrikulum. Dit blyk uit die volgende stellings: 'Vak waar jy die meeste met syfers werk' (cf. C1), 'Wiskunde is simbole' (cf. D1), 'Kurrikulum gevul met verskillende soorte onderwerpe' (cf. E1), 'Skoolwiskunde is wiskunde wat in die kurrikulum plaasvind' (cf. H1), skoolwiskunde is wiskunde wat jy moet kan doen om verder te gaan in tersiêre studies' (cf. L1).

4.2.1.2. Interpretasie van die response en temas

Die doel van wiskunde-leer en onderrig in skoolwiskunde is dat leerders probleme identifiseer, analiseer en evalueer asook leer van verskeie perspektiewe van wiskunde-onderrig in verskeie kontekste om sin te maak van die wiskunde in die alledaagse lewe (cf. Afdeling 2.5). Drie van die twaalf deelnemers het skoolwiskunde gekoppel aan die alledaagse lewe (cf. 4.2.1.1.)

Volgens Anthony en Walshaw (2009:150) help die toepassing van wiskunde in die werklike lewe leerders om te leer oor die waarde van wiskunde in die samelewing en die bydrae daarvan tot ander dissiplines (cf. 2.5). Dit is duidelik dat die drie deelnemers 'n goeie begrip van skoolwiskunde het ten opsigte van die bogenoemde literatuur (cf. 4.2.1.1.).

Vier van die twaalf deelnemers het skoolwiskunde gekoppel aan probleemoplossing. Die voorgenoemde literatuur beklemtoon die identifisering, analisering en evaluering van probleme

as 'n kern eienskap van skoolwiskunde. Uit die response is dit duidelik dat die vier deelnemers waarskynlik verstaan wat skoolwiskunde in terme van probleemoplossing impliseer (cf. 4.2.1.1.).

In die meeste senior- en VOO-fase wiskundeklaskamers word leerders onderrig asof skoolwiskunde slegs oor reëls en prosedures handel en blyk dit dat leerders steeds te veel staatmaak op roetine-prosedures en algoritmes (Idris, 2006:105; Aktas, 2016:43) (cf. 1.3). Hierdie stellings van die vyf deelnemers (cf. 4.2.1.1.) is in teenstelling met die voorgenoemde literatuur en definisie van skoolwiskunde.

Interessant genoeg, blyk dit uit die response van die deelnemers dat die deelnemers steeds 'n beperkte begrip het van die konsep skoolwiskunde.

4.2.2. Oortuigings van Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers ten opsigte van memorisering en inoefening in skoolwiskunde

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor die oortuigings van Senior-en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers ten opsigte van memorisering en inoefening in skoolwiskunde gegee word (cf. 4.2.2.1.), daarna volg 'n interpretasie van die data van die response (cf. 4.2.2.2.).

4.2.2.1. Resultate van die response

Die volgende drie temas kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Memorisering en inoefening in skoolwiskunde

Ses uit die twaalf deelnemers stem saam met die stelling dat leer in skoolwiskunde vind die meeste plaas deur memorisering en inoefening. Dit is duidelik uit die volgende stellings: 'jy moet oefen en oefen, hoe meer jy gaan oefen hoe beter gaan jy doen in jou toetse' (cf. A2), 'Boude op stoel, jy leer wiskunde so' (cf. B2), 'dis iets wat jy fisies moet doen en verstaan' (cf. D2), 'Wiskunde word onderrig deur memorisering en deur dit oor en oor te oefen' (cf. E2), 'n daaglikse roetine' (cf. I2), 'jy ontdek dit nie eintlik self nie' (cf. J2).

Tema 2: Skoolwiskunde sonder begrip leer

Drie van die twaalf deelnemers koppel skoolwiskunde aan die konsep 'papegaai'. Dit blyk uit die volgende stellings: 'Meeste van die onderwysers leer die kinders wiskunde aan soos 'n papegaai' (cf. C2), 'Skoolwiskunde word afgejaag deur meeste onderwysers en baie min het die inisiatief om self ontdekking te laat plaasvind.' (cf. F2) 'hulle moet basies alles staan en uit hulle koppe uit memoriseer' (cf. G2).

Tema 3: Skoolwiskunde behels ontdekking

Vier uit die twaalf deelnemers se response op hierdie vraag toon 'n duidelike verband tussen ontdekking en skoolwiskunde. Dit blyk uit die volgende stellings: 'jy moet self ondersoek en jy moet self sukkel' (cf. C2), 'mense leer baie meer in diepte as jy dit bietjie meer ontdek' (cf. H2), 'vir die leerders self bietjie geleentheid gee om self te ontdek.' (cf. K2), 'ek het baie beter gedoen toe ek self moes ontdek en self voorbereiding moes doen' (cf. L2).

4.2.2.2. Interpretasie van die response en temas:

In die meeste senior- en VOO-fase wiskundeklaskamers word leerders onderrig asof skoolwiskunde slegs oor reëls en prosedures handel en blyk dit dat leerders steeds te veel staatmaak op roetine-prosedures en algoritmes (Idris, 2006:105; Aktas, 2016:43) (cf. 1.3). Ses uit die twaalf deelnemers stem saam met die stelling dat leer in skoolwiskunde die meeste plaasvind deur memorisering en inoefening (cf. 4.2.2.1). Volgens my het hierdie ses deelnemers 'n instrumentalistiese oortuiging ten opsigte van skoolwiskunde. Die instrumentalistiese oortuiging behels die sienswyse van wiskunde as 'n stel reëls, feite en prosedures (Ernest, 1989) (cf. 2.8).

Indien die wiskunde-onderwyser skoolwiskunde sien as net die aanleer van formules, reëls en prosedures wat slegs gememoriseer en bemeester moet word, kan hierdie manier van onderrig tradisionele benaderings tot gevolg hê (Belbase, 2013:235) (cf. 2.5). Drie van die twaalf deelnemers koppel skoolwiskunde aan die konsep 'papegaai' (cf. 4.2.2.1.). Dit blyk dat hierdie onderwysers geneig is om memorisering te beklemtoon in onderrig eerder as kreatiewe denke (Kattou, Kontoyianni & Christou, 2009: 298) (cf. 2.8.2).

Die bemeestering van algoritmes en roetineprosesse moet nie die einddoel wees van wiskunde-onderrig nie: hierdie prosedurele hulpmiddels moet eerder die geleentheid skep om te verken, te ontdek en om sin te maak van die wiskunde (Vale & Barbosa, 2015:101) (cf. 1.3). Vier uit die twaalf deelnemers se response op hierdie vraag toon 'n duidelike verband tussen ontdekking en skoolwiskunde. Volgens my het hierdie vier deelnemers 'n platonistiese oortuiging ten opsigte van skoolwiskunde. Die platonistiese oortuiging van wiskunde behels ook die sienswyse van wiskunde as 'n statiese liggaam van verenigde kennis, maar impliseer dat wiskunde ontdek moet word en nie geskep word nie (Ernest, 1989). (cf. 1.2.2).

Dit is vir my duidelik dat die probleemoplossende oortuiging nie na vore kom by hierdie twaalf deelnemers nie. Die probleemoplossende oortuiging behels die sienswyse van wiskunde as 'n dinamiese en 'n kreatiewe menslike aktiwiteit waar deurlopende groei plaasvind (Ernest, 1989) (cf. 1.2.2). Vanuit die resultate wat na vore kom is ek van mening dat meeste van die deelnemers steeds ,tydens hulle proef tydperk aan skole, kreatiwiteit onderdruk deur standaard algoritmes aan

leerders te leer wat leerders verhoed om vir hul self te dink om sodoende self probleme te kan oplos.

4.2.3. Skoolwiskunde en die bemeestering van die korrekte antwoord

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response ten opsigte van ,behels skoolwiskunde slegs die bemeestering van die korrekte antwoord, gegee word (cf. 4.2.3.1.), daarna volg 'n interpretasie van die data van die vresponse (cf. 4.2.3.2.).

4.2.3.1. Resultate van die response:

Die volgende twee temas kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Skoolwiskunde behels slegs die bemeestering van die korrekte antwoord

Drie uit die twaalf deelnemers se response hou verband met hierdie tema. Dit is duidelik uit die volgende stellings: 'meeste daarvan gaan net oor om te leer hoe om die regte antwoord te kry om goed te doen in 'n toets' (cf. C3), 'Ek dink daar is baie druk as jy nie die regte antwoord kry nie, dan is daar die ruk dat jy dit nie kan dien nie.' (cf. E3), 'die onderwyser rus jou toe om net die eksamen-vraestel te kan beantwoord, niks meer nie.' (cf. F3).

Tema 2: Skoolwiskunde gaan gepaard met ondersoek en toepassing

Agt uit die twaalf deelnemers se response koppel aan hierdie tema. Dit blyk uit die volgende stellings: 'jy moet kan self ondersoek instel om te kan kyk waar gaan jy verkeerd' (cf. A3), 'jy moet dit kan toepas ook' (cf. B3), 'Soms is dit beter om foute te maak, dan leer jy makliker uit die foute.' (cf. D3), 'Mens moet nie net werk om die regte antwoord te kry nie, mens kan byvoorbeeld verskillende metodes en formules gebruik om by die regte antwoord uit te kom.' (cf. G3), 'die regte antwoord help jou nie tydens probleem-oplossing nie' (cf. H3), 'ek dink dit is baie belangrik om die regte antwoord op verskillende maniere te kry om probleme op te los.' (cf. J3), 'Die proses om die antwoord te kry is die belangrikste.' (cf. K3), 'werk saam met die fout' (cf. L3).

4.2.3.2. Interpretasie van die response en temas

Wanneer wiskunde-onderwysers slegs klem lê op die korrekte antwoorde, dra hul die oortuiging oor dat wiskunde in korrekte en verkeerde antwoorde verdeel is, wat kreatiewe denke verwerp (Mann, 2006:245) (cf. 2.4). Drie uit die twaalf deelnemers se response hou verband met die voorgenoemde stelling (cf. 4.2.3.1). Uit die response op hierdie vraag van hierdie drie deelnemers wil dit voorkom asof hulle nie bereid is om pogings aan te wend om leerders uit te daag om meer te dink nie.

Wiskunde-onderwysers moet nie slegs klem plaas op korrekte antwoorde nie, maar eerder leerders stimuleer om te ontdek, te ondersoek, te redeneer en te reflekteer (Grégoire, 2016:31) (cf. 2.4). Agt uit die twaalf deelnemers se response koppel aan die voorgenoemde stelling (cf. 4.2.3.1.). Ek verstaan uit die meeste deelnemers se response dat die wiskunde-onderwyser leerders dus die geleentheid moet gee om hulle eie oplossings te ontdek en te genereer, leerders aanmoedig om oplossings te bewys, geleenthede te skep vir leerders om vir hulle self te dink sodat leerders se kreatiewe denke gestimuleer kan word.

4.2.4. Senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van kreatiewe denke

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van kreatiewe denke gegee word (cf. 4.2.4.1.) daarna volg 'n interpretasie van die data van die response (cf. 4.2.4.2.).

4.2.4.1. Resultate van die response

Die volgende drie temas kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Kreatiewe denke behels 'oorspronklikheid'

Vyf uit die twaalf deelnemers koppel kreatiewe denke aan die dimensie 'oorspronklikheid'. Dit is duidelik uit die volgende stelling: 'uit die boks te dink' (cf. B4, C4, F4, G4, H4).

Tema 2: Kreatiewe denke behels 'buigsaamheid'

Ses uit die twaalf deelnemers maak 'n konneksie tussen kreatiewe denke en die dimensie, 'buigsaamheid'. Dit blyk uit die volgende stellings: 'meer as een manier om by die antwoord uit te kom' (cf. C4), 'dink aan verskillende moontlikhede om vrae te beantwoord' (cf. E4), 'verskillende metodes' (cf. G4), 'anders te dink as jy 'n som kry of 'n probleem kry' (cf. H4), 'ander maniere om iets op te los' (cf. K4), 'eie manier dink hoe om iets op te los' (cf. L4).

Tema 3: Kreatiewe denke behels 'vlotheid'

Vier uit die twaalf deelnemers koppel kreatiewe denke aan die dimensie, 'vlotheid'. Dit is duidelik uit die volgende stellings: 'jy moet 'n manier vind om wiskunde te leer wat vir jou maklik, eenvoudig en prakties is' (cf. A4), 'lewenswerklike situasie kan toepas' (cf. B4), 'negatiewe antwoord in die klas omskep na 'n positiewe antwoord' (cf. D4), 'om goed oor te dra wat die leerders sal geniet' (cf. J4).

4.2.4.2. Interpretasie van die response en temas:

Vyf uit die twaalf deelnemers koppel kreatiewe denke aan die dimensie 'oorspronklikheid' (cf. 4.2.4.1.). Die vermoë om nuwe uitdrukings te gee, unieke denke aan wyses om stellings uit te druk wat nuut en ongewoon is (Torrance, 1977:16 ; Lince, 2016:208) (cf. 2.4). Uit die response van hierdie vyf deelnemers is dit duidelik dat hulle die dimensie oorspronklikheid begryp.

Ses uit die twaalf deelnemers maak 'n konneksie tussen kreatiewe denke en die dimensie, 'buigsaamheid' (cf. 4.2.4.1.). Buigsaamheid ('flexibility') verwys na die vermoë om 'n verskeidenheid idees te lewer of 'n verskeidenheid benaderings te gebruik. Die vermoë om idees te genereer, antwoorde te verskaf, met behulp van 'n verskeidenheid strategieë, voltooiing van voorbeelde wat verband hou met die konsep en alternatiewe oplossings (Torrance, 1977:16 ; Lince, 2016:208) (cf. 2.4).

Vier uit die twaalf deelnemers koppel kreatiewe denke aan die dimensie, 'vlotheid' (cf. 4.2.4.1.). Die vermoë om probleme op te los en antwoorde op 'n probleem te gee, gee baie voorbeelde of stellings in verband met die konsep in sekere situasies (Torrance, 1977:16 ; Lince, 2016:208) (cf. 2.4). Uit die response is dit duidelik dat hierdie vier deelnemers 'n duidelike begrip het van die dimensie, vlotheid.

Volgens Torrance (1977:16) is kreatiewe denke nie 'n unitêre vermoë nie, maar wel 'n aantal vermoëns wat betrokke is. Die definisie is gebaseer op vier verbandhoudende dimensies naamlik, vlotheid, buigsaamheid, oorspronklikheid en uitbreiding (Leikin, 2009:129) (cf. 2.4). Die dimensie *uitbreiding* kom nie in een van hierdie deelnemers se response voor nie. Uitbreiding ('elaboration') verwys na die vermoë om die detail in te vul. Die vermoë om in detail te verduidelik, te verryk en 'n idee of produk te ontwikkel, by te voeg of te spesifiseer in detail oor die situasie sodat dit spesifieke wiskundige situasies beantwoord (Torrance, 1977:16 ; Lince, 2016:208) (cf. 2.4). Aangesien hierdie dimensie nie na vore kom nie, kan waargeneem word dat die deelnemers slegs 'n beperkte begrip het van kreatiewe denke.

4.2.5. Stimulering van kritiese en kreatiewe denke in die wiskundeklaskamer

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor die stimulering van kritiese en kreatiewe denke in die wiskundeklaskamer gegee word (cf. 4.2.5.1.). Daarna volg 'n interpretasie van die data soos afgelei uit die response (cf. 4.2.5.2.).

4.2.5.1. Resultate van die response:

Die volgende tema kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Self-ontdekking stimuleer kreatiewe denke

Die deelnemers se response blyk uit die volgende stellings: 'ondersoek te gee' (cf. A5), 'prakties maak' en 'laat hulle dink' (cf. B5), 'klomp verskeidenheid probleme gee' (cf. C5), 'gee die kind die probleem dat hy homself vir jou eers probeer voordat jy hom die antwoord gee' (cf. D5), 'gee vir hulle die som om te doen' (cf. E5), 'weg beweeg van die feit om 'n formule deur te gee, dat hulle self ontdek', (cf. F5), 'tutoriale deurwerk sodat hulle self iets kan ontdek' (cf. G5), 'vir hulle die probleem gee om op te los' (cf. H5), 'elke leerder moet 'n maat hê en in staat wees om 'n impak op mekaar te maak oor hoe om probleme op te los' (cf. I5), 'self ontdek' (cf. J5), 'dat hulle self die probleem kan identifiseer en dan verdere stappe neem om die probleem op te los' (cf. K5), 'selfontdekking' (cf. L5).

4.2.5.2. Interpretasie van die response en tema

Kreatiwiteit in die wiskundeklaskamer handel oor wat die leerders doen asook wat die wiskunde-onderwyser doen. Indien die wiskunde-onderwyser kreatief dink oor wiskundige ervarings, skep die wiskunde-onderwyser geleenthede vir die leerders om kreatief te wees (Piggott, 2007:3) (cf. 2.4). Leerders kan slegs kreatiewe probleemoplossers wees indien wiskunde-onderwysers leerders die vryheid gee om kreatief te dink. 'n Wyse om dit te bereik, is deur die gebruik van materiaal wat leerders die geleenthede bied om te verken, te ontdek en sin te maak van die wiskunde (Piggott, 2007:6) (cf. 2.7).

Al twaalf deelnemers se response hou verband met die voorgenoemde literatuur (cf. 4.2.5.1.) Vanuit die twaalf deelnemers se response kom dit na vore of hulle wel kreatiewe denke sal probeer stimuleer in hulle wiskunde-klaskamer.

4.2.6. Die implementering van verskillende onderrigmetodes

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor die implementering van verskillende onderrigmetodes gegee word (cf. 4.2.6.1.) daarna volg 'n interpretasie van die data van die response (cf. 4.2.6.2.).

4.2.6.1. Resultate van die response

Die volgende tema kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Skoolwiskunde behels verskeie onderrigmetodes

Al twaalf die deelnemers koppel hierdie tema aan die konsepte diverse leerder, akkommodeer en betrokkenheid. Dit blyk uit die volgende stellings: 'almal leer verskillend' en 'verskillende metodes gebruik om almal te akkommodeer' (cf. A6), 'kinders leer verskillend' en 'elke kind is anders' (cf.

B6), 'anders dink' (cf. C6), 'verskillende tipes leerders' (cf. D6), 'daar is verskillende tipe kinders' (cf. E6), 'al die kinders in jou klas gaan nie dieselfde dink nie, so jy gaan elke leerder moet akkommodeer met sy verskillende leerstyle' (cf. F6), 'daar is verskillende leerders' (cf. G6), 'verskillende onderrig-metodes skep die geleentheid vir leerders (alle tipe leerders) om op alle vlakke te leer' (cf. H6), 'elke onderwerp is anders' (cf. I6), 'elke leerder se leer verskil' (cf. J6), 'andere maniere sal meer betrokkenheid veroorsaak' (cf. K6), 'almal leer verskillend' (cf. L6).

4.2.6.2. Interpretasie van die response en tema

Die *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) beklemtoon dat leerders wiskundeprobleme op verskillende wyses moet oplos, asook hulle eie probleme in gegewe situasies genereer (Arikan & Ünal, 2015:1404) (cf. 2.6). Wiskunde-onderwysers bevorder leer deur die aanmoediging van leerderbetrokkenheid (Anthony & Walshaw, 2009:150) (cf. 2.5). Hierdie response (cf. 4.2.6.1.) van die deelnemers het insig gegee aan my ten opsigte van die response in Tema 5 (cf. 4.2.5.1.).

4.2.7. Senior-en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van probleem-oplossing

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor senior-en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van probleemoplossing gegee word (cf. 4.2.7.1.) en daarna volg 'n interpretasie van die data van die response (cf. 4.2.7.2.).

4.2.7.1. Resultate van die response

Die volgende vier temas kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Probleemoplossing

Die deelnemers se response blyk uit die volgende stellings: 'n probleem gee en die antwoord kry' (cf. C7), 'om 'n probleem op te kan los' (cf. D7), 'n probleem wat mense moet oplos' en 'hoe benader jy 'n manier om dit op te los' (cf. F7), 'daar word vir jou probleme gegee en jy moet dit kan oplos' (cf. L7).

Tema 2: Voorstelling van vaardighede

Slegs in die respons van een deelnemer kom die volgende fase van probleemoplossing na vore, naamlik voorstelling van vaardighede. Deelnemer se respons volg: "n oplossing vind vir 'n onbekende probleem' (cf. G7).

Tema 3: Toepassing van vaardighede

Vier uit die twaalf deelnemers koppel probleemoplossing aan die fase toepassing van vaardighede. Dit is duidelik uit die volgende stellings: 'woord-somme bevorder kinders se probleemoplossingsvaardighede' (cf. A7), ' probeer om 'n berekening op te los sonder om die metode te gee' (cf. E7), 'situasie wees wat jy skep, waar jy onder-soek moet instel' (cf. H7), 'klomp maniere kry om hierdie probleem op te los' (cf. J7).

Tema 4: Integrasie van vaardighede in lewenswerklike probleme

Drie uit die twaalf deelnemers koppel probleemoplossing aan die fase integrasie van hierdie vaardighede in lewenswerklike probleme. Dit is duidelik uit die volgende stellings: 'Identifiseer die oplossing, die werklike probleem' en 'sit dit in jou eie prentjie' (cf. I7), 'wiskunde is probleem-oplossing' en 'lewens-werklike konteks wat bekend is aan hulle' (cf. K7), 'alledaagse probleme' (cf. L7).

4.2.7.2. Interpretasie van die response en temas:

Daar bestaan vier fases in die probleemoplossingsproses, naamlik 'n probleem begryp, ontwikkeling van 'n plan, uitvoering van die plan en refleksie. Daar bestaan ook vier fases ten opsigte van die leerproses wat by die probleemoplossingsproses aansluit. Die eerste fase van die leerproses, naamlik aktivering van vorige ervaring kom baie vaag voor in die deelnemers se response (cf. 4.2.7.1.). Hierdie fase behels wanneer leerders gerig word om kennis te herroep, te beskryf of toe te pas uit toepaslike vorige ervaring wat as grondslag vir die nuwe kennis gebruik

kan word (Merril, 2002:46) (cf. 2.5). Hierdie vier deelnemers het 'n beperkte begrip van probleemoplossing.

Slegs in die respons van een deelnemer kom die volgende fase van probleemoplossing na vore, naamlik voorstelling van vaardighede (cf. 4.2.7.1.). Hierdie fase behels doeltreffende leeromgewings wat 'n geleentheid moet bied vir leerders om hulle nuut verworwe vaardighede te demonstreer (Merril, 2002:47) (cf. 2.5).

Vier uit die twaalf deelnemers koppel probleemoplossing aan die fase toepassing van vaardighede (cf. 4.2.7.1.). Hierdie fase behels leer wat bevorder word wanneer daar van leerders verwag word om hulle nuwe kennis te gebruik om probleme op te los (Merril, 2002:49).

Drie uit die twaalf deelnemers koppel probleemoplossing aan die fase integrasie van hierdie vaardighede in lewenswerklike probleme (cf. 4.2.7.1.). Leer word bevorder wanneer leerders aangemoedig word om die nuwe kennis of vaardighede te integreer in hulle alledaagse lewens (Merril, 2002:49) (cf. 2.5).

Uit die bogenoemde response en literatuur is dit duidelik dat al twaalf deelnemers 'n beperkte begrip het van probleemoplossing. Die vier fases van probleemoplossing kom nie prominent na vore by al die deelnemers nie.

4.2.8. Aanmoediging van probleemoplossingsmetodes om 'n probleem op verskeie wyses op te los

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor die aanmoediging van probleemoplossingsmetodes om 'n probleem op verskeie wyses op te los gegee word (cf. 4.2.8.1.). Daarna volg 'n interpretasie van die response (cf. 4.2.8.2.).

4.2.8.1. Resultate van die response

Die volgende tema kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Skoolwiskunde behels verskeie wiskunde-oplossings

Deelnemers se response blyk uit die volgende stellings: 'wiskundig korrek is, moet ons dit motiveer' (cf. A8), 'stimuleer hulle kreatiewe denke' en 'vyftig maniere hoe jy by een som se antwoord kan uitkom' (cf. B8), 'is nie net een manier of een regte manier om dit te kry nie' (cf. C8), 'daar is mos nie net altyd een regte antwoord nie' (cf. D8), 'daar is verskillende maniere om 'n ander onderwerp te benader' (cf. E8), 'verskillende paadjies wat gevolg kan word' (cf. F8), 'daar is verskillende maniere wat wel wiskundig korrek is' (cf. G8), 'kreatiewe denke te stimuleer' en

‘eie strategieë te ontwikkel’ (cf. H8), ‘onderwysers moet ook leer van leerders hoekom hulle verskillende metodes gebruik’ (cf. I8), ‘elke persoon leer anders’ (cf. J8), ‘probleem op vyf verskillende maniere oplos’ (cf. K8), ‘ander moontlikhede kan die kind help’ en ‘jy moet al die verskillende oplossings kan neerskryf’ (cf. L8).

4.2.8.2. Interpretasie van die response en tema

As leerders in die oplos van roetine wiskundeprobleme op 'n ander wyse die probleme kan oplos as wat deur die onderwysers in die klaskamer geleer word, kan hierdie leerders as kreatief in wiskunde beskou word (Lince, 2016:208) (cf. 2.3). Byvoorbeeld, as 'n leerder 'n oplossing bereik deur gebruik te maak van 'n ander metode as die meeste van die leerders, het hy/sy 'n hoër kreatiewe denkvlak as die ander leerders (Arikan & Ünal, 2015:1407) (cf. 2.6). Uit die stellings (cf. 4.2.8.1.) kan waargeneem word dat al twaalf deelnemers aansluit by die bogenoemde literatuur.

4.2.9. Kreatiewe denke tydens die uitvoer van wiskunde probleme

In die volgende afdeling gaan eers die resultate van die response wat handel oor kreatiewe denke tydens die uitvoer van wiskunde probleme gegee word (cf. 4.2.9.1.) daarna volg 'n interpretasie van die data van die response (cf. 4.2.9.2.).

4.2.9.1. Resultate van die response

Die volgende tema kon vanuit die response van die deelnemers geïdentifiseer word.

Tema 1: Kreatiewe denke in skoolwiskunde

Meeste van die deelnemers beskou kreatiewe denke as 'n belangrike aspek wanneer probleme opgelos moet word. Dit is duidelik uit die volgende stellings: ‘kan partykeer effektiewe leer bevorder’ (cf. A9), ‘hulle dink anders, hulle moet kreatief kan dink’ (cf. B9), ‘kan toepas om iets te kan oplos’ (cf. C9), ‘as jy met verskillende lede sit, moet jy kreatief wees’ (cf. D9), ‘help jou dink aan 'n ander perspektief’ (cf. E9), ‘jy gaan moet kreatief dink om op die ou einde die oplossing te kry en ander maniere te probeer soek’ (cf. F9), ‘verg 'n ander manier van denke’ (cf. K9), ‘al die verskillende wyses hoe ek hom kan oplos te begin formuleer’ (cf. L9).

Slegs een deelnemer se respons koppel aan hierdie literatuuruitreksel. Dit blyk uit die volgende stelling: ‘in die skole word kreatiewe denke baie onderdruk’ (cf. H9).

4.2.9.2. Interpretasie van die response en tema

Die gebruik van verskeie oplossingsmetodes ontwikkel kreatiewe denke en help met die identifisering daarvan (Leiken, 2009:129; Arian & Ünal, 2015:1407) (cf. 2.4). Meeste van die deelnemers beskou kreatiewe denke as 'n belangrike aspek wanneer probleme opgelos moet word (cf. 4.2.9.1.).

Kreatiwiteit in die 21ste eeu word onderdruk deur die onderwys (Mrayyan, 2016:84) (cf. 2.4). Een van die deelnemers se respons sluit aan by hierdie literatuuruitreksel (cf. 4.2.9.1.).

Die deelnemers het steeds 'n beperkte begrip van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing. 'n Moontlike rede hiervoor is omdat dit 'n omvattende begrip is wat baie meer dinamies is as wat alledaags gebruik word. Kreatiewe denke is 'n konsep wat interverbinding is met die konsep wiskunde-probleemoplossing en uit die response van die deelnemers kom hierdie interverbinding nie duidelik na vore nie.

In die volgende afdeling sal sommige van die deelnemers se probleemoplossingstake bespreek word met behulp van die kreatiewe denkerubriek asook die taakgebaseerde onderhoud wat met die taak gepaard gaan.

4.3. Probleemoplossingstaak en taakgebaseerde onderhoude

4.3.1. Inleiding

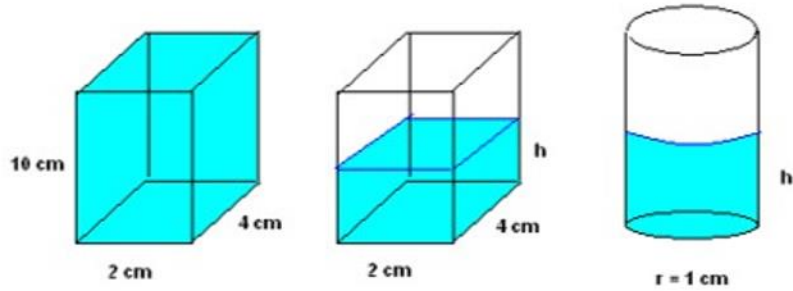
Die navorsingsontwerp is kwalitatief en stel ten doel om vas te stel hoe senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing implementeer. Data is ingesamel deur middel van taakgebaseerde onderhoude en 'n probleemoplossingstaak. Die taak bestaan uit oopende wiskunde probleme wat uiteenlopend is in oplossings en metodes. Die probleemoplossingstaak wat aan die deelnemers gegee is, word voorgestel in Figuur 4.1, Figuur 4.2, Figuur 4.3.

Hierdie taak is geanaliseer deur gebruik te maak van die kreatiewe denke evalueringsrubriek (cf. 3.7.2) wat fokus op die vier dimensies van kreatiewe denke, naamlik vlotheid (die vermoë om 'n groot aantal idees te produseer), buigsaamheid (die vermoë om 'n verskeidenheid idees te lewer), oorspronklikheid (die vermoë om idees te produseer wat buite die normale manier van dink is) en uitbreiding (die vermoë om die detail in te vul).

In die afdelings wat volg word die resultate van die oplossings van die onderskeie probleme voorgestel. Die analise en interpretasies van die resultate word ook bespreek.

Probleem 1:

Aanvankelijk was die reghoekige prisma aan die linkerkant vol water. Water is in die silindriese houer aan die regterkant gegooi sodat die hoogte van die water in albei houers gelyk is. Vind die hoogte h van water in beide houers (rond jou antwoord tot die naaste tiende van 'n cm)



(http://www.analyzemath.com/middle_school_math/grade_8/problems.html)

Figuur 4.1: Probleem 1

4.3.2. Resultate van probleem 1

Drie uit die twaalf deelnemers het probleem 1 op dieselfde wyse opgelos. Die oplossing van hierdie probleem volg.

Probleem 1 se oplossing van Deelnemer C,F en L:

Probleem 1

$$\begin{aligned} 1^{\text{e}} \text{ prisma: volume: } 10 \times 2 \times 4 \\ = 80 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Dantal water van 1^e prisma skei in 2 houers in
∴ 2^e prisma + silinder = 80 cm³

$$\begin{aligned} \text{Volume van prisma: } l \times b \times h \\ \therefore 2 \times 4 \times h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume van silinder: } \pi r^2 \times h \\ \therefore \pi (1)^2 \times h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dus: } (l \times b \times h) + (\pi r^2 \times h) &= 80 \text{ cm}^3 \\ (2 \times 4 \times h) + (\pi (1)^2 \times h) &= 80 \text{ cm}^3 \\ (8 \times h) + (\pi \times h) &= 80 \text{ cm}^3 \\ 8h + \pi h &= 80 \text{ cm}^3 \\ \frac{h(8 + \pi)}{8 + \pi} &= \frac{80}{8 + \pi} \end{aligned}$$

$$h = \frac{80}{11,14}$$

$$h = 7,18$$

$$\begin{aligned} \text{Toets: vol v. 2^e prisma} + \text{vol v. silinder} \\ = 2 \times 4 \times 7,18 + \pi (1)^2 \times 7,18 \\ = 57,44 + 22,56 \\ = 80 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Die res van die deelnemers het op die volgende wyse probleem 1 opgelos:

Probleem 1:

$$\begin{aligned} \text{Volume}_1 &= l \times b \times h \\ &= 2 \times 4 \times 10 \\ &= 80 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume}_2 &= l \times b \times h \\ 80 &= 2 \times 4 \times h \\ 80 &= 8 \times h \\ h &= \frac{80}{8} \\ h &= 10 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= l \times b \times h \\ \frac{80}{2} &= 2 \times 4 \times h \\ 40 &= 8h \\ h &= \frac{40}{8} \\ h_1 &= 5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \pi r^2 \times h \\ \frac{80}{2} &= \pi (1)^2 \times h \\ 40 &= \pi h \\ h &= \frac{40}{\pi} \\ h &= 12,7 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

4.3.3. Analise en interpretasie van probleem 1 se resultate

Uit die bogenoemde kom die volgende na vore. Deelnemers C,F en L se oplossings bevat 'n goeie aantal idees oor probleem 1. Deelnemers verwoord hierdie idees tydens die taakgebaseerde onderhoude soos volg: 'dit wat ek weet het ek neergeskryf', 'ek het dit opgelos deur algebraïese vergelykings te gebruik', 'ek het my antwoord getoets'. Deelnemers C, F en L het al die bekende dinge neergeskryf en wat daar gevra word asook het hulle 'n wiskunde model geskep in die vorm van wiskundige vergelykings. Hierdie deelnemers visualiseer 'n plan om die probleem op te los. Deelnemers het meer as een strategie gevolg om die hoogte van die prisma te bepaal. Daar bestaan ook duidelikheid oor die probleem aangesien hierdie deelnemers die oplossing geverifieer het deur die oplossing aan die einde te toets. Daar word ook 'n goeie aantal detail oor die oplos van die probleem verskaf.

Hierdie deelnemers kon die probleem oplos as gevolg van in dieptekennis ten opsigte van die verskeie formules vir volume van 'n prisma. Deelnemers het die vier dimensies van kreatiewe denke uitgelig, naamlik 'vlotheid', 'buigsaamheid', en 'uitbreiding'. Alhoewel die dimensie 'oorspronklikheid' nie na vore kom nie is die ander drie dimensies uitgelig en kan gesê word dat hierdie deelnemers kreatiewe denke implementeer het tydens die oplos van die probleem. Die uiteinde hiervan is dat hierdie deelnemers hulle toekomstige leerders nie daarvan sal ontnem om leerders se volle begrip van wiskunde te ontwikkel nie (Mann, 2006:244). Hierdie deelnemers

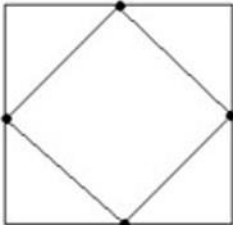
sal hulle toekomstige leerders in die wiskunde-klaskamer die geleentheid gee om te dink aan 'n verskeidenheid verskillende strategieë of benaderings om te gebruik in reaksie op 'n probleem of vraag (Csikszentmihalyi, 2002:99). Hierdie drie deelnemers sal waarskynlik ook vir hulle toekomstige leerders die geleentheid skep om unieke idees te genereer, innoverend te wees en om kreatief te dink tydens die oplos van verskeie wiskunde-probleme (Beghetto, 2007:8).

Die res van die deelnemers het die volume van die reghoekige prisma in die helfte gedeel om sodoende die hoogtes van die prisma's te bepaal. Die probleem het dit duidelik gemaak dat die hoogtes van die twee prisma's wel dieselfde is, maar het nie gestel dat albei die helfte volume het van die reghoekige prisma nie. Met ander woorde hierdie deelnemers se idees is nie toepaslik vir die probleem nie. Hulle het ook nie ander metodes gebruik of oorweeg om 'n oplossing vir die probleem te vind nie. Hulle het wel beskik oor die kennis ten opsigte van die formules, maar het geen plan gevisualiseer nie. Die implikasie hiervan is dat in skoolwiskunde meeste leerders die formules wat hulle geleer het, net toepas om probleme op te los, maar verstaan nie noodwendig die werklike begrippe of beginsels agter die formules nie (Hwang, Chen, Dung & Yang, 2007:192). Verder skep dit ook gewoontes by die leerders om konsepte te memoriseer sonder enige betekenis met ander woorde, sonder begrip te leer wat veroorsaak dat hulle ook nie hierdie konsepte sal kan toepas nie (Lince, 2016:206).

4.3.4. Resultate van probleem 2

Probleem 2

Die hoekpunte van die ingeskrewe (binne) vierkant halveer die sye van die tweede (buite) vierkant. Vind die verhouding tussen die oppervlakte van die buite vierkant en die oppervlakte van die ingeskrewe vierkant.



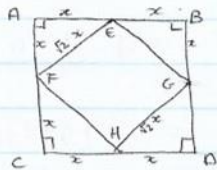
(http://www.analyzemath.com/middle_school_math/grade_9/geometry_sol.html)

Figuur 4.2: Probleem 2

Elf uit die twaalf deelnemers het op die volgende twee wyses hierdie probleem opgelos.

Oplossingsmethode 1 van Probleem 2:

Probleem 2.



Veronderstel sy $AB = 2x$
dan is sy $AF = x$ & sy $AE = x$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Deur pythagoras} : EF^2 &= AF^2 + AE^2 \\ EF^2 &= x^2 + x^2 \\ \sqrt{EF^2} &= \sqrt{2x^2} \\ EF &= \sqrt{2}x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Oppervlak van buite vierkant} : l \times b \\ &= 2x \times 2x \\ &= 4x^2 \text{ eenh}^2 \end{aligned}$$

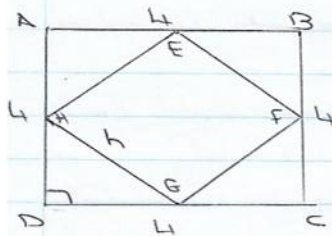
$$\begin{aligned} \text{Oppervlak van binne vierkant} : l \times b \\ &= \sqrt{2}x \times \sqrt{2}x \\ &= 2x^2 \text{ eenh}^2 \end{aligned}$$

Dus is die buite vierkant se oppervlak 2 keer so groot soos die binne vierkant se oppervlak; en die binne vierkant se oppervlak is helfte die grootte van die buite vierkant.

Oplossingsmethode 2 van Probleem 2:

Probleem 2

Stel de buite vierkant het vier ge wat elk 4 cm lang is.



$$\begin{aligned}\text{Opp van buite vierkant} &= (s)(s) \\ &= (4)(4) \\ &= 16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Om de lengte van h sys te vind van die binne vierkant, kan Pythagoras gebruik word om h se afstand te bereken.

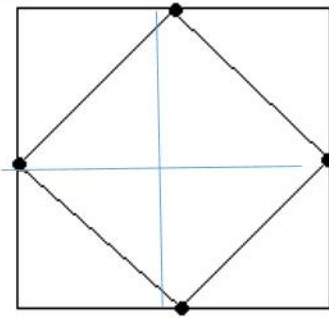
$$\begin{aligned}\therefore DH &= 2 \text{ cm} \\ \therefore DG &= 2 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore GH^2 &= DH^2 + DG^2 \text{ (Pythagoras)} \\ \therefore h^2 &= 2^2 + 2^2 \\ \therefore h &= \sqrt{8} \\ \therefore h &= 2\sqrt{2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Opp van binne vierkant} &= (s)(s) \\ &= (2\sqrt{2})(2\sqrt{2}) \\ &= 8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{Opp van buite vierkant} &: \text{Opp van binne vierkant} \\ 16 &: 8 \\ \therefore 1 &: \frac{1}{2}\end{aligned}$$

Deelnemer C los dit soos volg op (ander metode):



Probleem 2

Oppervlakte v. $\square = l \times b$

Die vier kleiner driehoeke wat gevorm word is gelykbenige driehoeke. Die langste sy vorm elke keer deel van die ingeskrewe vierkant.

As die oppervlakte van die vier klein driehoeke bereken word en saam getel word sal dit dieselfde wees as die oppervlakte van die ingeskrewe vierkant.

Dit beteken dat die oppervlakte van die buite vierkant 2 keer die oppervlakte is van die ingeskrewe vierkant.

Die ingeskrewe vierkant se oppervlakte is die helfte van die buite vierkant.

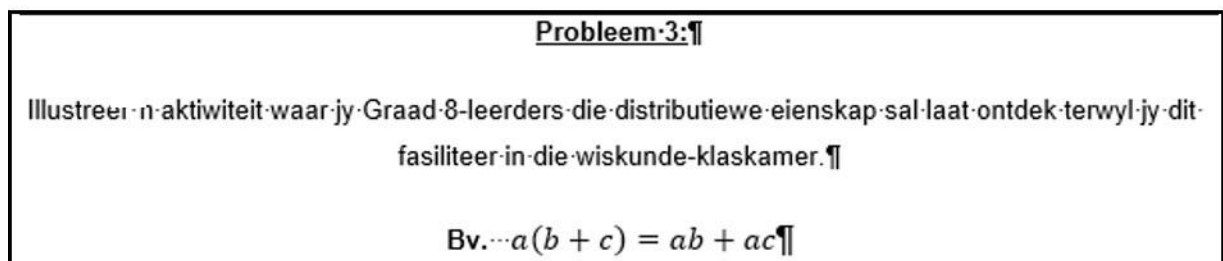
4.3.5. Analise en interpretasie van probleem 2 se resultate

Deelnemers het sketse geteken om hulle idees voor te stel, met ander woorde visualisering van hulle idees kom duidelik na vore. Deelnemers benader die probleem deur waardes te verskaf vir die sye van die vierkant wat 'n ander en unieke manier is om hierdie probleem op te los. Hulle produseer nuwe oplossings en is oorspronklik. Die bogenoemde (cf. Metode 1 en 2) beklemtoon die vier dimensies van kreatiewe denke, naamlik 'vlotheid', 'buigsaamheid', en 'uitbreiding' (cf. 4.3.1). Die implikasie hiervan is dat die deelnemers nuwe idees ontwikkel het, wat hulle

toekomstige leerders dwing om verby die vrae te kom waarin hulle net 'n resep kan volg (Richardson & Mishra, 2018:49).

Hierdie vraag kan wel ook sonder Pythagoras se stelling beantwoord word, soos bewys deur Deelnemer C. Hierdie metode plaas klem op die kreatiewe dimensie naamlik 'oorspronklikheid', aangesien Deelnemer C buite die normale manier gedink het met ander woorde Deelnemer C het 'uit die boks gedink' (Torrance, 1977:16; Lince, 2016:208). Hierdie ander metode is om die middelpunte van die groot vierkant se sye te verbind (hoekpunte van die ingeskrewe vierkant). Uit die vier kongruente vierkante vorm agt kongruente driehoeke na vore (*cf.* Deelnemer C oplossing). Die implikasie hiervan is dat hierdie deelnemers se toekomstige leerders kreatiewe denke in hulle wiskundeklaskamer sal ondersteun en klem plaas op kreatiewe wyses waarop die uitdrukking van unieke idees, unieke antwoorde en probleemoplossing in wiskunde getoon word (Idris, 2006:105).

4.3.6. Resultate van probleem 3



Figuur 4.3: Probleem 3

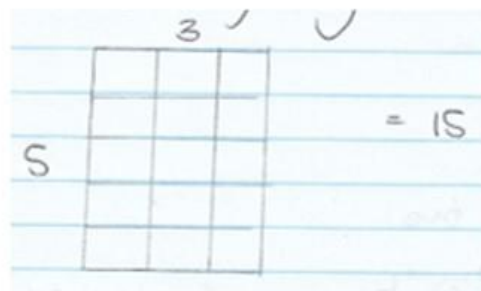
Twee uit die twaalf deelnemers het op 'n unieke wyse probleem 3 voorgestel. Deelnemer E en deelnemer L se verduidelikings volg:

Deelnemer E se verduideliking:

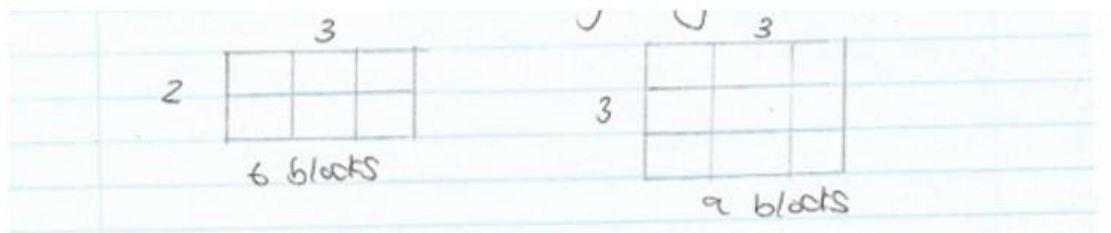
Probleem 3

Ek sal 'n aktiwiteitskepe waar leerders soos volg met lego-blokke eksperimenteer. Ek sal aan hulle die volgende vergelyking gee: $3(2 + 3)$ en vra dat leerders die aantal blokke wat hierdie vergelyking sou gee, te tel. Hulle sal waarskynlik sê dat $2 + 3 = 5$ en $5 \times 3 = 15$ en hulle sal 15 blokke uittel. Of hulle sal 2 blokke tel, dan 3 blokke byvoeg en dan die 5 blokke 3 keer maal op die volgende manier:

→ → →



Dan sal ek vir die leerders vertel dat hulle die blokkies moet opsy sit en 3×2 en 3×3 blokkies op die volgende manier tel:



Ek sal dan die leerders vra om hul blokkies by te voeg: $6 + 9 = 15$

Leerders sal dan gevra word om 'n verband tussen die eerste vraag en die tweede vraag te vind.

Q1: $3(2 + 3) = 3(5) = 15$

Q2: $3 \times 2 = 6$ and $3 \times 3 = 9$

$\therefore 6 + 9 = 15$

Die distributiewe wet sal dan herken word.

Deelnemer L se verduideliking:

Probleem 3

Graad 8 leerders sukkel baie met die distributiewe wet, want sodra hul iets nuuts leer, hou die "vis" in hul kop en sukkel om van dit weg te beweeg as ander nuwe wet verduidelik word. Algebraïese uitdrukkings en -vergelykings sukkel hul baie mee. In plaas daarvan om dadelik weg te spring met algebraïese letters in die distributiewe wet, sal ek die volgende doen:

Stel a = appelsap

Stel b = druine sap

Stel c = mango sap.

Ek sal Fides in batteltjies sap van elk hê en vir 2 leerders per groep gee.
Die druine sap en mango sap sal elk half vol wees.

Ek sal vir die leerders verduidelik dat hulle die appelsap uit en dit bygevoeg by die druine sap en mango sap onderskeidelik, dat die twee meng. En dan sal ek hulle vra: Wat gebeur as die appelsap by die druine sap of mango sap gevoeg word?

Ek sal dan vir die leerders sê dat ons stel die appelsap is gelyk aan a , druine sap is gelyk aan b en mango sap is gelyk aan c . Wat gaan gebeur met a en b en a en c ? Om seker te maak die leerders wil nie $a(b+c) = abc$ maak nie, sal ek hul herinner dat ons het reeds die druine sap met die mango sap gemeng nie.

Hoewel na die eksperiment sal leerders die distributiewe wet ontdek.

Die res van die deelnemers volg die volgende wyse om probleem 3 te verduidelik:

Probleem 3

Ek sou aan die leerders 'n probleem gegee het en hul herinner het aan die orde van probleem-oplossing in wiskunde BODMAS.

"Brackets ; of ; Division ; Multiplication ; Addition ; Subtraction"

Bv. $2x(4x+3) + 8x + 6x^2$

Vraag: Vereenvoudig die uitdrukking

∴ Leerders moet eers die hakkie uitmaak en dan al die soortgelyke onbekendes bymekaar tel.

∴ Oplossing:

$$\begin{aligned} & 2x(4x+3) + 8x + 6x^2 \\ &= 8x^2 + 6x + 8x + 6x^2 \\ &= \underline{14x^2 + 14x} \end{aligned}$$

Nadat die leerders die probleem opgelos het sal ek vir hul die distributiewe wet aan hul bekendstel.

4.3.7. Interpretasie van probleem 3 se resultate

Deelnemer E het hierdie probleem visueel voorgestel wat 'n ander strategie is as die tradisionele wyse van onderrig. Deelnemer L koppel hierdie probleem aan die alledaagse lewe. Die implikasie hiervan is dat hierdie deelnemers hulle toekomstige leerders in staat sal stel om buigsaam te wees wanneer hulle werklike situasies teëkom (Svecova *et al.*, 2014:1715), en hulle sal ook hulle wiskundige take opstel wat gebaseer is op alledaagse situasies (Svecova *et al.*, 2014:1715). Franke *et al.* (2007:229) stel dat dit belangrik is om leerders aan te moedig om nuuskierig oor wiskundige idees te wees, sodat hulle wiskunde intuïsie en analitiese vermoëns kan ontwikkel sodat hulle kan praat vanuit 'n wiskundige ervaring. Beide demonstreer nuuskierigheid om die probleem op te los en visualiseer hulle planne, idees en stel hierdie probleem prakties voor.

4.3.8. Samevatting

Dit blyk steeds uit die aantal deelnemers dat meeste deelnemers nie kreatiewe denke implementeer nie. Hulle beskik dalk oor idees, maar benader nie die probleem op 'n ander wyse nie, is nie gewillig om kanse te neem nie en visualiseer nie planne nie. Meeste deelnemers het by probleem 1 'n gebrek aan kennis oor die volume van 'n prisma. Meeste deelnemers by probleem 3 volg die tradisionele wyse van onderrig, waar die onderwyser die stappe wys en die leerders moet volg, die onderwyser gee nie die leerders kans om vir hulleself te dink nie of te ontdek nie.

Uit die bogenoemde beweer ek dat in die huidige ondrrig van die voorgraadse wiskunde-onderwysers hulle selde gekonfronteer word met moeilike wiskundeprobleme en werk selde op iets wat vereis dat hulle kreatief kan wees. Hulle is nie in staat daartoe om probleemoplossing toe te pas op take wat algemeen is op hulle vlak van opleiding nie. Probleem 1 en 2 is Graad 8 en 9 wiskundeprobleme en die meeste senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers kon nie probleem 1 oplos nie.

In Hoofstuk 5 gee ek 'n afsluitende hoofstuk vir hierdie navorsingstudie deur klem te plaas op my navorsingsbevindings en die finale gevolgtrekkings vir hierdie navorsingstudie.

HOOFSTUK 5: SAMEVATTING

5.1. Inleiding

Hierdie hoofstuk bied 'n oorsig van die studie en spreek ook die navorsingsvrae aan. Daarbenewens ondersoek ek die moontlike beperkings van die studie. Ten slotte stel ek voorstelle vir verdere navorsing en gee 'n algemene gevolgtrekking vir hierdie studie.

5.2. Samevatting van die studie

5.2.1. Hoofstuk 1

Die doel van hierdie hoofstuk was om die leser te oriënteer aangaande die doelstellings van die studie en die navorsingsontwerp wat in die studie gebruik word. Ek het begin deur verskeie konsepte te ondersoek (*cf.* 1.2). Daarna het ek die agtergrond tot die probleemstelling en navorsingsprobleem in diepte bespreek (*cf.* 1.3 en 1.4). Ek het ook die vrae en doelwitte van my navorsingstudie verskaf (*cf.* 1.5 en 1.6). Die hoofstuk bied ook 'n uiteensetting van die navorsingsontwerp en die metodes en prosesse wat in die navorsingstudie gebruik is (*cf.* 1.8). Die hoofstuk is afgesluit met 'n uiteensetting van die hoofstukke wat in hierdie navorsingstudie voorkom (*cf.* 1.9).

5.2.2. Hoofstuk 2

Hoofstuk 2 het 'n oorsig van die literatuur verskaf. Hierdie hoofstuk fokus hoofsaaklik op die literatuur wat op kreatiewe denke betrekking het. Hoofstuk 2 bestaan uit die volgende elemente: Kreatiwiteit (*cf.* 2.2), faktore van kreatiwiteit (*cf.* 2.2.1), kreatiewe denke (*cf.* 2.3), vier dimensies van kreatiewe denke (*cf.* 2.3.1) en kreatiewe denke in skoolwiskunde (*cf.* 2.4). Daarby kom onderrig en leer van skoolwiskunde deur middel van probleemoplossing (*cf.* 2.5), gevolg deur die rol van kreatiewe denke in probleemoplossing (*cf.* 2.6) en selfgerigte leer en kreatiewe denke (*cf.* 2.7).

5.2.3. Hoofstuk 3

Hierdie hoofstuk het gefokus op die navorsingsontwerp, -metodes en -prosesse wat in hierdie navorsingstudie gebruik is. Dit sluit 'n beskrywing van die kwalitatiewe fenomenologiese navorsingsontwerp en navorsingsmetodologie binne 'n interpretivistiese paradigma in. Ek het die steekproef, navorsingsomgewing, data-insamelingsmetodes en data-analisemetodes beskryf. Daar was twaalf senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers wat vrywillig aan hierdie studie deelgeneem het. Die data wat deur hulle gegenereer is, is geanaliseer met behulp van

inhoudsanalise. Ek het die hoofstuk afgesluit met 'n bespreking van die vereistes van vertrouenswaardigheid sowel as etiese kwessies waaraan hierdie studie voldoen het.

5.2.4. Hoofstuk 4

Die data verkry uit die semi-gestruktureerde onderhoude, probleemoplossingstaak en taakgebaseerde onderhoude is in hierdie hoofstuk ontleed en geïnterpreteer. Ek het ook my interpretasie van die bevindinge aangebied. Die semi-gestruktureerde onderhoude het gefokus op die deelnemers se oortuigings ten opsigte van kreatiewe denke. Die probleemoplossingstaak en taakgebaseerde onderhoude het gefokus op die deelnemers se implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

In die afdeling wat volg trek ek my finale bevindings oor hierdie navorsingstudie.

5.3. Bevindings met betrekking tot die doelwitte van die studie

Die studie het die navorser van die volgende oortuig:

Implementering van kreatiewe denke bevorder verskeie probleemoplossingsmetodes.

Wanneer wiskunde-probleemoplossing geïmplementeer word dra dit by tot die kreatiewe denke-ontwikkeling.

5.3.1. Sekondêre doelwit 1: om te ondersoek wat kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing behels

Hierdie doelwit is bereik deur middel van 'n teoretiese raamwerk wat 'n aantal aspekte uitlig (*cf.* Hoofstuk 2). Dit was nodig om hierdie doelwit te bereik voor enige van die ander doelwitte, aangesien die bereiking van hierdie doelwit die fokus van die studie bepaal het en die raamwerk vir die samestelling van die semi-gestruktureerde onderhoud vraelys voorsien het.

5.3.2. Sekondêre doelwit 2: om vas te stel watter oortuigings senior- en VOO-fase voorgaandse wiskunde-onderwysers het oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Vanuit senior- en VOO voorgaandse wiskunde-onderwysers se oortuigings kom dit na vore dat wiskunde-onderwysers kreatiewe denke onderdruk deur formules, reëls en prosedures wat min ruimte laat vir die kreatiewe denker en dus leerders wat slegs passiewe waarnemers van wiskunde is, tot gevolg het.

Vanuit die resultate bekom deur die onderhoude blyk dit dat hierdie deelnemers senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers verseker 'n positiewe invloed sal hê op hulle toekomstige leerders se kreatiewe denke in skoolwiskunde. Meeste van die deelnemers is van mening dat kreatiewe denke essensieel is vir skoolwiskunde en dat hulle as toekomstige wiskunde-onderwysers 'n groot rol speel in die bevordering van hierdie denke.

In hierdie studie is bevind dat kreatiewe denke 'n omvattende begrip is wat hand aan hand stap met probleemoplossing asook self-gerigte leer. Vanuit die deelnemers se menings kan afgelei word wat wiskunde probleemoplossing behels en dat probleemoplossing sonder twyfel kreatiewe denke by leerders, asook in samewerking met wiskunde-onderwysers, bevorder.

5.3.3. Primêre doelwit: om senior- en VOO-fase voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing te ondersoek.

Verder teenstrydig met die deelnemers se onderhoude is daar ook bevind in die probleemoplossingstake dat hierdie senior- en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers moontlik kreatiwiteit kan onderdruk vir hulle toekomstige leerders wat min ruimte laat vir die kreatiewe denker en dus leerders wat slegs passiewe waarnemers van wiskunde is, tot gevolg het. Dit kon afgelei word uit die probleemoplossingstake wat die deelnemers moes voltooi vir hierdie navorsingstudie. Wiskunde-onderwysers moet dus nie fokus op slegs wiskunde van formules, reëls en prosedures wat slegs gememoriseer en bemeester moet word deur leerders nie, maar eerder leerders die geleentheid bied om vir hulself te dink, hulle eie alternatiewe roetes te volg, te ontdek, te ondersoek, te redeneer en te reflekteer.

Die wiskunde-onderwyser wat 'n kopskuif kan maak deur meer kreatiewe metodes toe te pas eerder as om net die standaard algoritmiese benadering te volg, kan leerders se kreatiewe denke in skoolwiskunde bevorder. Die wiskunde-onderwyser sal dan meer kreatiewe denkers in die wiskunde-klaskamer hê en minder passiewe wiskunde-waarnemers. Hierdie skuif kan veroorsaak dat wiskunde meer innoverend vir die leerder is en dat leerders kreatiwiteit in wiskunde nie meer as 'n risiko sal sien nie, maar eerder as 'n uitdaging om vir hulself te dink.

5.4. Beperkings van die studie

Gebrek aan navorsing: Daar is 'n beperkte aantal studies uitgevoer oor die rol wat kreatiewe denke speel in skoolwiskunde en wiskunde-probleemoplossing.

Gebrek aan tyd: Ek het 'n beperkte hoeveelheid tyd om my studies te voltooi, wat beteken dat data dalk nie so ryk sal wees nie.

Hierdie studie is beperk tot voorgraadse onderwysers in die senior- en VOO fase.

Na aanleiding van bogenoemde beperkings, 'n paar voorstelle vir verdere navorsing sal in die daaropvolgende afdeling voorgestel word.

5.5. Aanbevelings vir toekomstige navorsing

Die gebruik van meer deelnemers kan help om hierdie bepaalde verskynsel beter te verstaan. Dieselfde studie kan in ander fases gedoen word. Dieselfde studie kan ook in verskillende vakke uitgevoer word. Ek dink ook 'n model moet ontwikkel word om onderwysers te help om die vier dimensies van kreatiewe denke toe te pas tydens die oplos van wiskundeprobleme. Interpretasies van wat kreatiewe denke vir verskillende onderwysers behels kan die bevindinge van die huidige studie verryk en verder verduidelik.

5.6. Samevatting

In Hoofstuk 5 word 'n samevatting van die studie verskaf. Dit bevat die hooftrekke van elke hoofstuk, asook die bevindings en aanbevelings van hierdie studie. Ten slotte sluit ek hierdie hoofstuk af met die volgende aanhaling: 'the essence of mathematics is thinking creatively' (Mann, 2006:236; Mastuti *et al.*, 2016:32; Wessels, 2014:22).

BIBLIOGRAFIE

Aktaş, M.C. 2016. Turkish high school teachers' conceptions of creativity in mathematics. *Journal of education and training studies*, 4(2):42-52.

Al-kreimeen, R.A. 2014. The relationship between individual creativity and self-regulation-from grade nine students' viewpoints in Jordan. *International proceedings of economics development and research*, 78:85-90.

Amabile, T.M. 1983. The social psychology of creativity: a componential conceptualization. *Journal of personality and social psychology*, 45(2):357-376.

Amabile, T.M. & Pillemer, J. 2012. Perspectives on the social psychology of creativity. *Journal of creative behavior*, 46(1):3-15.

Amankwaa, L. 2016. Creating protocols for trustworthiness in qualitative research. *Journal of cultural diversity*, 23(3):121-127.

Anthony, G. & Walshaw, M. 2009. Characteristics of effective teaching of mathematics: a view from the West. *Journal of mathematics education*, 2(2):147-164.

Assad, D.A. 2015. Task-based interviews in mathematics: understanding student strategies and representations through problem solving. *International journal of education and social science*, 2(1):17-26.

Ayllón, M.F., Gómez, I.A. & Ballesta-Claver, J. 2016. Mathematical thinking and creativity through mathematical problem posing and solving. *Journal of educational psychology - propósitos y representaciones*, 4(1):195-218.

Ball, D.L., Sleep, L., Boerst, T.A. & Bass, H. 2009. Combining the development of practice and the practice of development in teacher education. *Elementary school journal*, 109(5):458-474.

Beghetto, R.A. 2007. Does creativity have a place in classroom discussions? Prospective teachers' response preferences. *Thinking skills and creativity*, 2(1):1-9.

Beghetto, R.A. & Kaufman, J.C. 2014. Classroom contexts for creativity. *High Ability Studies*, 25(1):53-69.

Belbase, S. 2013. Images, anxieties, and attitudes toward mathematics. *Online submission*, 1(4):230-237.

Bennevall, M. 2016. Cultivating creativity in the mathematics classroom using open-ended tasks: a systematic review. Linköping, Sweden: Linköpings Universitet.

Bishara, S. 2016. Creativity in unique problem-solving in mathematics and its influence on motivation for learning. *Cogent education*, 3(1):1-14.

Connelly, L.M. 2016. Understanding research: trustworthiness in qualitative research. *Medsurg nursing*, 25(6):435-436.

Cope, D.G. 2014. Methods and meanings: credibility and trustworthiness of qualitative research. *Oncology nursing forum*, 41(1):89-91.

Cox, B.F. 2002. The relationship between creativity and self-directed learning among adult community college students. Knoxville, Tenn.: University of Tennessee. (Thesis - PhD.)

Creswell, J.W. 2009. Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches. Thousand Oaks, Calif.: Sage.

Csikszentmihalyi, M. & Nakamura, J. 2002. The concept of flow. (In Snyder, C.R. & Lopez, S.J., eds. Handbook of positive psychology. Oxford: Oxford University Press. p. 89-105.)

Daher, W. & Anabousy, A. 2018. Creativity of pre-service teachers in problem posing. *EURASIA Journal of mathematics, science and technology education*, 14(7):2929-2945.

Darr, C. & Fisher, J. 2004. Self-regulated learning in mathematics class. (In NZARE Conference, Turning the Kaleidoscope, Wellington, 24-26 November. p. 24-26.)

Departement van Basiese Onderwys [Department of Basic Education] **sien** South Africa

Departement van Hoër Onderwys en Opleiding [Department of Higher Education and Training] **sien** South Africa

Engelbrecht, A. 2016. Kwalitatiewe navorsing: data-insameling en -analise. (In Joubert, I., Hartell, C. & Lombard, K., eds. Navorsing: 'n gids vir die beginnervorsers. Pretoria: Van Schaik. p. 109-127.)

Ernest, P. 1989. The impact of beliefs on the teaching of mathematics. (In Ernst, P., ed. Mathematics teaching: the state of the art. London: Falmer Press. p. 249-254.)

Etikan, I., Musa, S.A. & Alkassim, R.S. 2016. Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American journal of theoretical and applied statistics*, 5(1):1-4.

- Evans, D. 2017. How can education systems be better? A round-up of the 2017 RISE Conference. World Bank. <http://blogs.worldbank.org/impactevaluations/how-can-education-systems-be-better-round-2017-rise-conference>. Date of access: 27 February 2017.
- Fatah, A., Suryadi, D., Sabandar, J. & Turmudi, T. 2016. Open-ended approach: an effort in cultivating students mathematical creative thinking ability and self-esteem in mathematics. *Journal on mathematics education*, 7(1):9-18.
- Fouché, C.B. & Schurink, W. 2011. Qualitative research designs. (In De Vos, A.S., Strydom, H., Fouché, C.B. & Delport, C.S.L., eds. Research at grass roots: for the social sciences and human service professions. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. p. 307-327.)
- Fouché, C.B., Delport, C.S.L. & De Vos, A.S. 2011. Quantitative research designs. (In De Vos, A.S., Strydom, H., Fouché, C.B. & Delport, C.S.L., eds. Research at grass roots: for the social sciences and human service professions. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. p. 142-158.)
- Franke, M.L., Kazemi, E. & Battey, D. 2007. Mathematics teaching and classroom practice. (In Lester, F.K., ed. Second handbook of research on mathematics teaching and learning. A project of the National Council of Teachers of Mathematics. Charlotte, N.C.: Information Age Publishing. p. 225-256.)
- Goldin, G.A., Hannula, M.S., Heyd-Metzuyanim, E., Jansen, A., Kaasila, R., Lutovac, S., Di Martino, P., Morselli, F., Middleton, J.A., Pantziara, M. & Zhang, Q. 2016. Attitudes, beliefs, motivation and identity in mathematics education: an overview of the field and future directions. Cham: Springer International Publishing.
- Greeff, M. 2011. Information collection: interviewing. (In De Vos, A.S., Strydom, H., Fouché, C.B. & Delport, C.S.L., eds. Research at grass roots: for the social sciences and human service professions. 4th ed. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 341-374.)
- Grégoire, J. 2016. Understanding creativity in mathematics for improving mathematical education. *Journal of cognitive education and psychology*, 15(1):24-36.
- Grosser, M. 2017. Kreatiewe denke. [e-mail.] 22 February.
- Gruszka, A. & Tang, M. 2017. The 4P's creativity model and its application in different fields. (In Min, T.L. & Chrisian, W., eds. Handbook of the management of creativity and innovation: theory and practice. Park Ridge, N.J.: World Scientific Publishing Company. p. 51-71.)

- Hasanah, M.A. & Surya, E. 2017. Differences in the abilities of creative thinking and problem solving of students in mathematics by using cooperative learning and learning of problem solving. *International journal of sciences: basic and applied research (IJSBAR)*, 34(1):286-299.
- Hersh, R. 1998. What is mathematics, really? *Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 6(2):13-14.
- Hiebert, J. & Grouws, D.A. 2007. The effects of classroom Mathematics teaching on students' learning. (In Lester, F.K., ed. Second handbook of research on mathematics teaching and learning. Charlotte, N.C.: Information Age Publishing, 1:371-404.)
- Hill, H.C., Rowan, B. & Ball, D.L. 2005. Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American educational research journal*, 42(2):371-406.
- Idris, N. 2006. Creativity in the teaching and learning of mathematics: issues and prospects. *Masalah Pendidikan*, 29:103-113.
- Jansen, J.D. 2016. Introducing to the language of research. (In Maree, K., ed. First steps in research. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 16-24.)
- Johnson, L. 2011. Teaching outside the box: how to grab your students by their brains. San Francisco, Calif.: Jossey-Bass.
- Julien, H. 2008. Content analysis. (In Given, L.M., ed. The Sage encyclopedia of qualitative research methods. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications. p. 120-121.)
- Kampylis, P. & Berki, E. 2014. Nurturing creative thinking. *UNESCO International Bureau of Education. Educational practice series*, 25
- Kandemir, M.A. & Gur, H. 2007. Creativity training in problem solving: a model of creativity in mathematics teacher education. *New horizons in education*, 55(3):107-122.
- Kattou, M., Kontoyianni, K. & Christou, C. 2009. Mathematical creativity through teachers' perceptions. (In Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 3:297-304.)
- Krathwohl, D.R. 2002. A revision of bloom's taxonomy: an overview. *Theory into practice*, 41(4):212-264.

- Lappan, G. & Even, R. 1989. Learning to teach: constructing meaningful understanding of mathematical content. East Lansing, Mich.: National Center for Research on Teacher Education. (Craft paper, 89-3.)
- Latterell, C.M. & Wilson, J.L. 2013. What is mathematics and why does it matter? *ETC: a review of general semantics*, 70(4):387-394.
- Leikin, R. 2009. Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. *Creativity in mathematics and the education of gifted students*, 9:129-145.
- Lince, R. 2016. Creative thinking ability to increase student mathematical of junior high school by applying models numbered heads together. *Journal of education and practice*, 7(6):206-212.
- Listyani, E. 2011. Improving the mathematics critical and creative thinking skills in grade 10th SMA Negeri 1 Kasihan Bantul on mathematics learning through Problem-Based Learning (PBL). (In Makalah disajikan dalam International Seminar and The Fourth National Conference on Mathematics Education, Department of Mathematics Education, di Universitas Negeri Yogyakarta.)
- Maharani, H.R. 2014. Creative thinking in mathematics: are we able to solve mathematical problems in a variety of way? (In International Conference on Mathematics, Science, and Education (ICMSE). Semareng, Indonesia: Semareng State University.)
- Maher, C.A. & Sigley, R. 2014. Task-based interviews in mathematics education. (In Encyclopedia of mathematics education. Dordrecht: Springer. p. 579-582.)
- Mann, E.L. 2006. Creativity: the essence of mathematics. *Journal for the education of the gifted*, 30(2):236-260.
- Maree, K. & Pietersen, J. 2016. Surveys and the use of questionnaires. (In Maree, K., ed. First steps in research. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 174-190.)
- Mastuti, A.G., Nusantara, T., Purwanto, P., As'ari, A., Subanji, S., Abadyo, A. & Susiswo, S. 2016. Interpretation awareness of creativity mathematics teacher high school. *International education studies*, 9(9):32-41.
- McMillan, J.H. & Schumacher, S. 2006. Research in education: evidence-based inquiry. 6th ed. New York: Pearson Education.

- Meintjes, H. & Grosser, M. 2010. Creative thinking in prospective teachers: the status quo and the impact of contextual factors. *South African journal of education*, 30(3):361-386.
- Merriam, S.B. 2009. Qualitative research: a guide to design and implementation. San Francisco, Calif.: Jossey-Bass.
- Merrill, M.D. 2002. First principles of instruction. *Educational technology research and development*, 50(3):43-59.
- Mrayyan, S. 2016. Investigating mathematics teachers' role to improve students' creative thinking. *American journal of educational research*, 4(1):82-90.
- Nadjafikhah, M. & Yaftian, N. 2013. The frontage of creativity and mathematical creativity. *Procedia-social and behavioral sciences*, 90:344-350.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. 2000. Principles and standards for school mathematics: discussion. Reston, Va.: Author
- Nieuwenhuis, J. 2016a. Introducing qualitative research. (In Maree, K., ed. First steps in research. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 50-70.)
- Nieuwenhuis, J. 2016b. Qualitative research designs and data gathering techniques. (In Maree, K., ed. First steps in research. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 72-102.)
- Nieuwenhuis, J. 2016c. Analysing qualitative data. (In Maree, K., ed. First steps in research. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 104-131.)
- Panaoura, A. & Panaoura, G. 2014. Teachers' awareness of creativity in mathematical teaching and their practice. *Issues in the undergraduate mathematics preparation of school teachers*, 4(5):1-11.
- Piggott, J. 2007. Cultivating creativity. *Prime number*, 22(4):2-6.
- Polya, G. P. 1945. How to solve it: a new aspect of mathematical method. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Prescott, A. & Cavanagh, M. 2006. An investigation of pre-service secondary mathematics teachers' beliefs as they begin their teacher training. (In Grootenboer, P., Zevenbergen, R. & Chinnappan, M., eds. Identities, cultures and learning spaces. Proceedings of the 29th Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia. Sydney: MERGA. p. 424-431.)

- Rahman, S.A. & Manaf, N.F.A. 2017. A critical analysis of bloom's taxonomy in teaching creative and critical thinking skills in Malaysia through english literature. *English Language Teaching*, 10(9):245-256.
- Reisman, F.K. 2013. Introduction to creativity: process, product, personality, environment & technology. (In Reisman, F. *Creativity: product, process, personality, environment and technology*. International Conference on Knowledge, Innovation and Enterprise, Riga, Latvia, 23-25 July. p. 9-26.)
- Richardson, C. & Mishra, P. 2018. Learning environments that support student creativity: developing the scale. *Thinking skills and creativity*, 27:45-54.
- Ricks, E.D. 2012. Cultivating early STEM learners: an analysis of mastery classroom instructional practices, motivation, and mathematics achievement in young children. Washington, D.C.: Howard University. (Thesis - PhD.)
- Runco, M. 2004. Personal creativity and culture. (In Runco, M. *Creativity: when east meets west*. Boston, Mass.: Academic Press/Elsevier. p. 9-21.)
- Sahlberg, P. 2009. The role of education in 22 promoting creativity: potential barriers and enabling factors. Measuring creativity. (In Proceedings for the Conference, "Can creativity be measured?" Brussels, May 28-29. p. 337-344.)
- Samo, D.D., Darhim, D. & Kartasasmita, B. 2017. Developing contextual mathematical thinking learning model to enhance higher-order thinking ability for middle school students. *International education studies*, 10(12):17-29.
- Sanders, S. 2016. Critical and creative thinkers in mathematics classrooms. *Journal of student engagement: education matters*, 6(1):19-27.
- Shezi, L. 2016. Mathematics: matric 2015 maths pass rate down to below 50%. <http://www.htxt.co.za/2016/01/06/86897>. Date of access: 27 February 2017.
- Shriki, A. 2010. Working like real mathematicians: developing prospective teachers' awareness of mathematical creativity through generating new concepts. *Educational studies in mathematics*, 73(2):159-179.
- Silver, E.A. 1997. Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *Zdm*, 29(3):75-80.

- Sinitsky, I. 2015. What can we learn from pre-service teachers' beliefs on and dealing with creativity stimulating activities? (In Krainer, K. & Vondrová, N., eds. Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. Prague: Czech Republic. p. 1080-1086.)
- Siswono, T.Y.E. 2010. Levelling student's creative thinking in solving and posing mathematical problem. *Journal on mathematics education*, 1(1):17-40.
- South Africa. Department of Basic Education [DBE]. 2011. Curriculum and assessment policy statement. Grades 10-12 Mathematics. Pretoria: Department of Basic Education.
- South Africa. Department of Basic Education [DBE]. 2014. Report on the annual national assessment of 2014: Grades 1 to 6 and 9. Pretoria: DBE.
- South Africa. Department of Higher Education and Training [DHET]. 2015. National qualifications framework act (67/2008): revised policy on the minimum requirements for teacher education qualifications. *Government Gazette*, 596(38487). Pretoria: Government Printer.
- Sriraman, B. 2004. The characteristics of mathematical creativity. *Mathematics educator*, 14(1):19-34.
- Sriwongchai, A., Jantharajit, N. & Chookhampaeng, S. 2015. Developing the mathematics learning management model for improving creative thinking in Thailand. *International education studies*, 8(11):77-87.
- Sternberg, R.J. 2017. Measuring creativity: a 40+ year retrospective. *Journal of creative behavior*.
- Strom, R.D. & Strom, P.S. 2002. Changing the rules: education for creative thinking. *Journal of creative behavior*, 36(3):183-200.
- Strydom, H. & Delport, C.S.L. 2011. Sampling and pilot study in qualitative research. (In De Vos, A.S., Strydom, H., Fouché, C.B. & Delport, C.S.L., eds. Research at grass roots: for the social sciences and human service professions. 4th ed. Pretoria: Van Schaik Publishers. p. 390-396.)
- Švecová, V., Rumanova, L. & Pavlovičová, G. 2014. Support of pupil's creative thinking in mathematical education. *Procedia-social and behavioral sciences*, 116:1715-1719.

Terrel, L. 2010. Creative thinking value rubric. Washington, D.C.: Association of American Colleges and Universities.

Torrance, E.P. 1977. Creativity in the classroom; what research says to the teacher. Washington, D.C.: NEA.

Tripathi, P.N. 2009. Problem solving in mathematics: a tool for cognitive development. (In Subramaniam, K. & Mazumdar, A., eds. International Conference to Review Research in Science, Technology and Mathematics Education organised by Citeseer. India: Mumbai. p. 169-173.)

Vale, I. & Barbosa, A. 2015. Mathematics creativity in elementary teacher training. *Journal of The European Teacher Education Network*, 10:101-109.

Van Manen, M. & Adams, C.A. 2010. Phenomenology of practice: meaning-giving methods in phenomenological research and writing. London: Routledge.

Van Wyk, M. 2015. Writing for publication: sharpening your academic writing skills. (In Okeke, C. & Van Wyk, M., eds. Educational research: an African approach. Cape Town: Oxford University Press. p. 555-577.)

Vardi, I. 2005. Solutions to the year 2000 International Mathematical Olympiad. (In Vardi, I. You failed your math test, comrade Einstein: adventures and misadventures of young mathematicians. Singapore: World Scientific. p. 77-102.)

Wessels, H.M. 2014. Levels of mathematical creativity in model-eliciting activities. *Journal of mathematical modelling and application*, 1(9):22-40.

Yong, H.T. & Kiong, L.N. 2005. Metacognitive aspect of mathematics problem solving. (Paper presented at The Third East Asia Regional Conference on Mathematics Education (ICMI Regional Conference), Shanghai, Nanjing and Hangzhou, China.)

Yuan, X. & Sriraman, B. 2011. An exploratory study of relationships between students' creativity and mathematical problem-posing abilities. (In Sriraman, B. & Lee, K.H., eds. 2011. The elements of creativity and giftedness in mathematics. Dordrecht: Springer. p. 5-28.)

Zumbrunn, S., Tadlock, J. & Roberts, E.D. 2011. Encouraging self-regulated learning in the classroom: a review of the literature. *Metropolitan Educational Research Consortium (MERC)*. Richmond, Va.: Virginia Commonwealth University. p. 1-28.

BYLAAG A: WERWINGSDOKUMENT



NORTH-WEST UNIVERSITY
YUNIBESITHI YA BOKONE-BOPHIRIMA
NOORDWES-UNIVERSITEIT

***Senior and FET final year mathematics students!

*** I NEED YOUR HELP!

CREATIVE Thinking IS A SKILL that CAN Be LEARNED

You are invited to participate in a research study. My purpose is to investigate Senior and FET phase undergraduate final year mathematics teachers' beliefs and implementation of creative thinking during mathematics problem-solving.

This research will attempt to lead undergraduate mathematics teachers (Senior and FET) to evaluate their own beliefs about creative thinking in mathematics, which may lead to a better understanding of themselves as a teacher and improving their future education practice. You, my participant, can choose the day and time that is convenient for you. The research study will not interfere with your academic program. Your involvement and participation in this study will take approximately 3 hours.

This study involves the following:

- Being interviewed for about 40 minutes
- Completing a problem-solving task
- Being interviewed again about the task for about 40 minutes

"EDUCATION IS NOT THE
LEARNING OF FACTS,
BUT THE TRAINING
OF THE MIND
TO THINK."

- ALBERT EINSTEIN



☺ There is no compensation for participation in this study and participation will be regarded as confidential.

☺ The likely rewards are that you will be equipped with enhanced or developed creative thinking and mathematics problem-solving to your teaching practice.

📧 My contact details: Me. J. Nel (namibsroos2@gmail.com & 0792180866).

📧 My promotor's details: Dr. Annalie Roux (annalie.roux@nwu.ac.za. & 0845805989)

Title: *Undergraduate mathematics teachers' beliefs about and implementation of creative thinking during mathematics problem solving*

Please indicate your willingness to take part in my study by signing below and submitting the signed document to the promotor's office in Building B10, office G54.

Are you willing to participate in my research study?	Yes / No
--	----------

If yes please complete the following:

Name:

Surname:

Date:

Cellphone number & Email:

Signature:

.....

BYLAAG B: INGELIGTE TOESTEMMINGSBRIEF



Privaat sak X6001, Potchefstroom
Suid-Afrika 2520

Web: <http://www.nwu.ac.za>
Tel: 018 299 1895

INGELIGTE TOESTEMMINGSBRIEF

TOESTEMMING VIR DEELNAME AAN NAVORSING

TITEL: Voorgaadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Geagte Voorgaadse wiskunde-onderwyser

U word uitgenooi om deel te neem aan 'n navorsingstudie deur Me. Jolinda Nel (n MEd-student) van die Fakulteit Opvoedingswetenskappe aan die Noordwes-Universiteit (Potchefstroomkampus).

Doel van die navorsingstudie:

Die navorsingstudie sal poog om die volgende vrae aan te spreek:

- Wat behels kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?
- Watter oortuigings oor kreatiewe denke beïnvloed senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers se implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?
- Watter oortuigings het senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?
- Hoe implementeer senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing?

Die hoofdoelwitte van hierdie navorsingstudie is om:

- om te ondersoek wat kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing behels;
- om vas te stel watter oortuigings oor kreatiewe denke senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers se implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing beïnvloed;
- om vas te stel watter oortuigings senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers het oor die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing; en
- om vas te stel hoe senior- en VOO-fase voorgaadse wiskunde-onderwysers kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing implementeer.

Prosedures:

Deelname aan hierdie navorsingstudie sal voltooiing van 'n probleemoplossingstaak behels asook taakgebaseerde onderhoude en semi-gestruktureerde onderhoude.

Tyd van betrokkenheid:

U as deelnemer kan die dag en tyd kies wat vir u gerieflik is. Die navorsingstudie sal nie inbreek maak op u akademiese program nie. U betrokkenheid en deelname aan hierdie studie sal ongeveer drie ure neem.

Potensiële risiko's:

Die navorsingstudie sal geen voorsiene risiko's aan u as deelnemer bied nie en ook nie skade verrig aan die deelnemer nie.

Potensiële voordele vir deelnemers:

Daar is geen direkte voordele vir u as deelnemer nie, alhoewel hierdie navorsing kan lei tot die ontwikkeling van geskikte oortuigings by voorgraadse wiskunde-onderwysers oor kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing asook die implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

Vertroulikheid:

Enige inligting wat verkry word in verband met hierdie navorsingstudie en wat geïdentifiseer kan word met u as deelnemer sal vertroulik bly. Die deelnemer se identiteit sal ten alle tye beskerm word en geen name van deelnemers of enige ander persoon sal bekend gemaak word nie. Die instansie se naam sal ook nie bekend gemaak word nie en vertroulik bly.

Deelname en onttrekking:

U as deelnemer kan kies om deel te vorm van hierdie navorsingstudie of nie. As 'n vrywilliger in hierdie navorsingstudie, kan u enige tyd onttrek sonder gevolge van enige aard. U kan ook weier om enige vrae te beantwoord en nog steeds deel vorm van die navorsingstudie.

Vergoeding:

Daar is geen vergoeding aan u as deelnemer vir hierdie navorsingstudie nie.

Veilige bewaring van data:

Die data (elektroniese data) ingesamel sal veilig bewaar word vir 'n tydperk van 7 jaar.

Terugvoering:

Indien u as deelnemer graag terugvoering verlang oor die bevindinge van hierdie navorsingstudie kan u my studeleier (Dr. Roux) kontak by annalie.roux@nwu.ac.za of u kan my (Jolinda Nel) kontak by 0792180866 of namibsroos2@gmail.com.

Toestemming vir klankopname:

Enige klankopnames van die semi-gestruktureerde onderhoude en taakgebaseerde onderhoude sal met geen ander persoon gedeel word nie en sal vertroulik bly.

Ek stem hiermee in dat klankopnames tydens die verskeie onderhoude geneem mag word.

Deelnemer se naam en van: _____

Deelnemer se handtekening: _____

Datum: _____

Toestemming vir deelname aan studie:

Ek gee hiermee toestemming om deel te neem aan hierdie navorsingstudie.

Deelnemer se naam en van: _____

Deelnemer se handtekening: _____

Datum: _____

Kontak besonderhede:

Indien u enige onsekerhede ervaar kan u my of my studieleier kontak.

Jolinda Nel (Kontak nommer: 0792180866, E-pos: namibstroos2@gmail.com)

Dr. Annalie Roux (Kontak nommer: 0845805889, E-pos: annalie.roux@nwu.ac.za)

BYLAAG C: LETTER OF INFORMED CONSENT



Private Bag X6001, Potchefstroom
South Africa 2520

Tel: 018 299-1895
Web: <http://www.nwu.ac.za>

LETTER OF INFORMED CONSENT

CONSENT TO PARTICIPATE IN RESEARCH

TITLE: Undergraduate mathematics teachers' beliefs about and implementation of creative thinking during math problem-solving

Dear Undergraduate Mathematics teacher

You are invited to participate in a research study by Ms. Jolinda Nel (an MEd student) at the Faculty of Education Sciences at the North-West University (Potchefstroom Campus).

Purpose of the research study:

The research study will attempt to address the following questions:

- What does creative thinking entail in math problem-solving?
- What beliefs about creative thinking influence senior and FET phase undergraduate mathematics teachers' implementation of creative thinking during math problem-solving?
- What beliefs do senior and FET phase undergraduate mathematics teachers have regarding the implementation of creative thinking during math problem-solving?
- How do senior and FET phase undergraduate mathematics teachers implement creative thinking during math problem-solving?

The main aims of this research study are:

- to investigate what creative thinking entails in mathematics problem-solving;
- to determine which beliefs about creative thinking affect senior and FET phase undergraduate mathematics teachers' implementation of creative thinking during math problem-solving;
- to determine which beliefs senior and FET phase undergraduate mathematics teachers have regarding the implementation of creative thinking during math problem-solving; and
- to determine how senior and FET phase undergraduate mathematics teachers implement creative thinking during math problem solving.

Procedures

Participation in this study will include completion of a problem-solving task as well as task-based interviews and semi-structured interviews.

Time Engagement

You as a participant can choose the day and time convenient for you. The study will not interfere with your academic programme. Your involvement and participation in this study will take approximately three hours.

Potential threats

The research study will not present you any unforeseen risks and will not harm the participant.

Potential benefits for participants

There are no direct benefits to you as a participant, although this research can lead to the development of appropriate beliefs in undergraduate mathematics teachers about creative thinking during math problem-solving as well as the implementation of creative thinking during math problem solving.

Confidentiality

Any information obtained in connection with this research study and which can be identified with you as a participant will remain confidential. The participant's identity will be protected at all times and no names of participants or any other person will be disclosed. The institution's name will also not be disclosed and remain confidential.

Participation and withdrawal

You as a participant may choose to participate in this research study or not. As a volunteer in this research study, you can withdraw at any time without any consequences of any kind. You may also refuse to answer any questions and still form part of the research study.

Reimbursement

There is no reimbursement for you as a participant in this research study.

Safe data retention:

The data (electronic data) collected will be safely stored for a period of seven years.

Feedback:

If you would like feedback as a participant regarding the findings of this research study, please contact my supervisor (Dr Roux) at annalie.roux@nwu.ac.za or you can contact me (Jolinda Nel) at 0792180888 or namibsroos2@gmail.com.

Permission for sound recording

Any audio recordings of the semi-structured interviews and task-based interviews will be shared with no other person and will remain confidential.

I hereby agree that sound recordings may be taken during the various interviews.

Participant's name and surname: _____

Participant's signature: _____

Date: _____

Consent for participation in study:

I hereby accept to participate in this research study.

Participant's name and surname: _____

Participant's signature: _____

Date: _____

Contact details:

If you have any doubts, please contact me or my supervisor.

Jolinda Nel (Contact number: 0792180888, E-mail: namibsroos2@gmail.com)

Dr Annalie Roux (Contact number: 0845805989, E-mail: annalie.roux@nwu.ac.za)

BYLAAG D1: ONDERHOUDSKEDULE VIR SEMI-GESTRUKTUREERDE ONDERHOUDE

Onderhoudskedule vir semi-gestruktureerde onderhoude

(Die onderhoud sal ongeveer 60 minute duur)

Titel: Voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Navorsers (Onderhoudvoerder): Me. Jolinda Nel

Inleiding

Die doel van die studie asook die navorsingsdoelwitte sal aan die deelnemers verduidelik word. Die navorsingsproses sal ook aan die deelnemers verduidelik word.

Semi-gestruktureerde onderhoud

(Sommige vrae is aangepas vanuit die *MALATI (Mathematics Learning and Teaching Initiative) beliefs questionnaire*)

1. Wat is jou eie definisie van skoolwiskunde?
2. In skoolwiskunde vind die meeste leer (tans) plaas deur memorisering en inoefening. Stem jy saam met hierdie stelling? Waarom?
3. Dink jy skoolwiskunde behels slegs die bemeestering van die korrekte antwoord? Waarom?
4. Hoe sou jy die term "kreatiewe denke" definieer?
5. Volgens die Nasionale Kurrikulum- en Assesseringsbeleidsverklaring Graad 10-12 moet leerders probleme oplos en identifiseer en besluite neem deur kritiese en kreatiewe denke. In watter mate sal jy die volgende doelwit van die KABV toepas in 'n toekomstige wiskunde-klaskamer?
6. Dink jy dit is belangrik vir 'n wiskunde-onderwyser om verskillende onderrigmetodes te implementeer? Waarom?
7. Wat dink jy behels probleemoplossing in skoolwiskunde?
8. Dink jy dit is belangrik dat wiskunde-onderwysers leerders se eie probleemoplossingmetodes aanmoedig? Waarom?
9. Dink jy dat 'n wiskunde-probleem op verskeie wyses opgelos kan word? Waarom?

10. Dink jy kreatiewe denke is nodig tydens die uitvoer van wiskunde probleme? Hoekom dink jy so?

(Semi-gestruktureerde onderhoude is buigsaam en moedig tweerigtingkommunikasie aan. Semi-gestruktureerde onderhoude skep ook die geleentheid vir die deelnemer om die onderhoudvoerder vrae te vra.)

BYLAAG D2: INTERVIEW SCHEDULE FOR SEMI-STRUCTURED INTERVIEWS

Interview schedule for semi-structured interviews

(The interview will take about 60 minutes)

Title: Undergraduate mathematics teachers' beliefs about and implementation of creative thinking during mathematics problem-solving

Researcher (Interviewer): Mss Jolinda Nel

Introduction

The purpose of the study as well as the research objectives will be explained to the participants. The research process will also be explained to the participants.

Semi-structured interview

(Some questions were adapted from the *MALATI (Mathematics Learning and Teaching Initiative) beliefs questionnaire*)

1. What is your own definition of school mathematics?
2. In school mathematics, most learning takes place through memorization and practice. Do you agree with this statement? Why?
3. Do you think school mathematics involves only the mastering of the correct answer? Why?
4. How would you define the term "creative thinking"?
5. According to the National Curriculum and Assessment Policy Statement Grade 10-12 learners need to solve problems and identify and make decisions through critical and creative thinking. To what extent will you apply the following goal of the CAPS in a future mathematics classroom?
6. Do you think it is important for a math teacher to implement different teaching methods? Why?
7. What do you think problem-solving entails in school mathematics?
8. Do you think it is important for math teachers to encourage learners' own problem solving methods? Why?
9. Do you think that a math problem can be solved in various ways? Why?

10. Do you think creative thinking is necessary when performing math problems? Why do you think so?

(Semi-structured interviews are flexible and encourage two-way communication. Semi-structured interviews also provide the opportunity for participants to ask the interviewer questions.)

BYLAAG E: OBSERVASIESKEDULE

Observasielyst

(Tydens die voltooiing van die probleemoplossingstaak)

(Aangepas uit Schoenfeld (1987))

Deelnemer: _____

Datum van observasie: _____

Aantal deelnemers: _____

Tyd van observasie: _____

Verloop van tyd (min)	Verskynsel wat waargeneem word	Navorsers se kommentaar
	Lees	
	Ontleed	
	Verken	
	Beplan	
	Implementeer	
	Verifieer	

BYLAAG F1: PROBLEEMOPLOSSINGSTAAK

Probleemoplossingstaak

(Die probleemoplossingstaak sal ongeveer 60 minute neem)

Deelnemer: _____

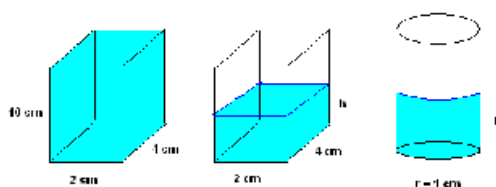
Datum van voltooiing: _____

Aantal deelnemers: _____

Tyd van voltooiing: _____

Probleem 1

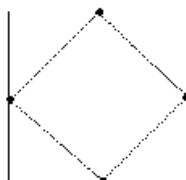
Aanvanklik was die reghoekige prisma aan die linkerkant vol water. Water is in die silindriese houer aan die regterkant gegooi sodat die hoogte van die water in albei houers gelyk is. Vind die hoogte h van water in beide houers (rond jou antwoord af tot die naaste tiende van 'n cm).



(http://www.analyzemath.com/middle_school_math/grade_8/problems.html)

Probleem 2

Die hoekpunte van die ingeskrewe (binne) vierkant halveer die sye van die tweede (buite) vierkant. Vind die verhouding tussen die oppervlakte van die buitenste vierkant en die oppervlakte van die ingeskrewe vierkant.



(http://www.analyzemath.com/middle_school_math/grade_8/geometry_sol.html)

Probleem 3

Illustreer 'n aktiwiteit waar jy graad 8-leerders die distributiewe eienskap sal laat ontdek terwyl jy dit sal fasiliteer in die wiskunde-klaskamer.

Bv. $a(b + c) = ab + ac$

BYLAAG F2: PROBLEM SOLVING TASK

Problem-solving task

(The problem-solving task will take about 60 minutes)

Participant: _____

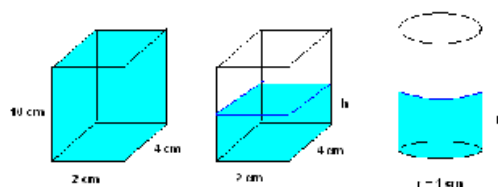
Date of completion: _____

Number of participants: _____

Time of completion: _____

Problem 1

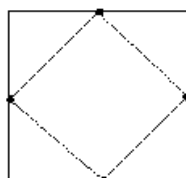
Initially the rectangular prism on the left was full of water. Then water was poured in the right cylindrical container so that the heights of water in both containers were equal. Find the height h of water in both containers (round off your answer to the nearest tenth of a *cm*).



(http://www.analyzemath.com/middle_school_math/grade_8/problems.html)

Problem 2

The vertices of the inscribed (inside) square bisect the sides of the second (outside) square. Find the ratio of the area of the outside square to the area of the inscribed square.



(http://www.analyzemath.com/middle_school_math/grade_9/geometry_sol.html)

Problem 3

Illustrate an activity where you will let Grade 8 learners discover the distributive property while facilitating it in the mathematics classroom.

Bv. $a(b + c) = ab + ac$

BYLAAG G1: TAAKGEBASEERDE ONDERHOUDSKEDULE

Taakgebaseerde onderhoudskedule

(Probleem 1 en Probleem 2)

(Die onderhoud sal ongeveer 60 minute duur)

Titel: Voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Navorsers (Onderhoudvoerder): Me. Jolinda Nel

Taakgebaseerde onderhoud

1. Wat het jy eerste gedoen toe jy die probleemoplossingstaak gekry het?
2. Kan jy probleem 1 aan my verwoord (in jou eie woorde)?
3. Watter strategie het jy gebruik om probleem 1 op te los?
4. Kan jy die oplossing vir probleem 1 beskryf asook hoe jy dit gekry het?
5. Dink jy dat die antwoorde van probleem 1 wat jy gekry het die korrekte antwoorde is? Hoekom dink jy so?
6. Kan jy probleem twee aan my verwoord (in jou eie woorde)?
7. Watter strategie het jy gebruik om probleem twee op te los?
8. Kan jy die oplossing vir probleem twee beskryf asook hoe jy dit gekry het?
9. Dink jy dat die antwoorde van probleem twee wat jy gekry het die korrekte antwoorde is? Hoekom dink jy so?
10. Is hierdie probleme soos enige ander probleem wat jy al opgelos het? Waarom?
11. Dink jy hierdie probleme kan op ander wyses opgelos word? Waarom?
12. Hoe het jy gevoel terwyl jy die probleme opgelos het?

BYLAAG G2: TASK-BASED INTERVIEW SCHEDULE

Task-based interview schedule

(Problem 1 and Problem 2)

(The interview will take about 60 minutes)

Title: Undergraduate mathematics teachers' beliefs about and implementation of creative thinking during mathematics problem-solving

Researcher (Interviewer): Ms Jolinda Nel

Task-based interview

1. What did you do first when you got the problem-solving task?
2. Can you explain problem 1 to me (in your own words)?
3. What strategy did you use to solve problem 1?
4. Can you describe the solution to problem 1 and how you arrived at it?
5. Do you think the answer to problem 1 you got are the correct answer? Why do you think so?
6. Can you explain problem 2 to me (in your own words)?
7. What strategy did you use to solve problem 2?
8. Can you describe the solution to problem 2 and how you got it?
9. Do you think the answer to problem 2 you got are the correct answer? Why do you think so?
10. Are these problems like any other problems you've solved? Why?
11. Do you think these problems can be solved in other ways? Why?
12. How did you feel while solving the problems?

BYLAAG H: SEMI-GESTRUKTUREERDE ONDERHOUDE: INHOUDSANALISE

Semi-gestruktureerde onderhoude: Inhoudsanalise

1. Wat is jou definisie van skoolwiskunde?

Deelnemers												Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
"Kennis wat jy kry deur verskillende wiskundige prosesse te leer wat jy wel iewers in jou lewe gaan gebruik."	"Skool-wiskunde is iets wat jou leer om in die samelewing te oorleef."	"Vak waar jy die meeste met syfers werk, dit help dat jy leer om probleme op te los."	"Wiskunde is simbole."	"Kumkulum gevul met verskillende soorte onderwerpe."	"Op die oppervlak lyk dit net soos syfers, maar daar is baie dieper goed wat op ander vlakke ook kan implementeer soos probleem-oplossing."	"Probleem-oplossing." en "pas dit toe op alledaagse lewe om probleme op te los."	"Skool-wiskunde is wiskunde wat in die kumkulum plaasvind."	"Onderwyser wat kennis en vaardighede het en om in staat te wees om dit oor te dra."	"Leerders vaardighede leer om werklike situasie aan te pak met 'n probleem-oplossing denkwysie."	"Basiese inhoud en vaardighede wat 'n mens moet leer." en "Progressie."	Skool-wiskunde is wiskunde wat jy moet kan doen om verder te gaan in tersiêre studies."	Senior- en VOO voorgaande wiskunde-onderwysers se definisie van skool-wiskunde

2. In skoolwiskunde vind die meeste leer plaas deur memorisering en inoefening. Stem jy saam met hierdie stelling en waarom?

Deelnemers												Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
"Stem saam", "nie met memorisering". "jy moet oefen en oefen, hoe meer jy gaan oefen hoe beter gaan jy doen in jou toetse"	"Stem saam met die stelling". "Boude op stoel, jy leer wiskunde so", "wiskunde is vir mense wat bereid is om te werk"	"Meeste van die onderwysers leer die kinders wiskunde aan soos 'n papegaai", "op universiteit is dit heeltemal anders", "jy moet self ondersoek en jy moet self sukkel"	"Stem nie saam nie.", "skool-wiskunde is nie eintlik 'n ding wat jy kan memoriseer nie, dis iets wat jy fisies moet doen en verstaan"	"Stem saam met die stelling". "Wiskunde word onderrig deur memorisering en deur dit oor en oor te oefen."	"Skool-wiskunde word afgejaag deur meeste onderwysers en baie min het die inisiatief om self ontdekking te laat plaasvind."	"hulle moet basies alles staan en uit hulle koppe uit memoriseer"	"Stem nie saam nie.", "mense leer baie meer in diepte as jy dit bietjie meer ontdek"	"wiskunde moet 'n daaglikse praktyk wees", "n daaglikse roetine"	"Ek stem saam, jy ontdek dit nie eintlik self nie."	"Stem nie saam nie.", "vir die leerders self bietjie geleentheid gee om self te ontdek."	"Stem nie saam nie.", "ek het baie beter gedoen toe ek self moes ontdek en self voorbereiding moes doen"	Oortuigings van Senior- en VOO voorgaande wiskunde-onderwysers ten opsigte van memorisering en inoefening in skool-wiskunde

3. Dink jy skoolwiskunde behels slegs die bemeestering van die korrekte antwoord?

Deelnemers												Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Behels skoolwiskunde slegs die bemeestering van die korrekte antwoord.
"Nee, jy moet kan self ondersoek instel om te kan kyk waar gaan jy verkeerd"	"Nee, jy moet dit kan toepas ook"	"Ja, meeste van dit gaan net oor om te leer hoe om die regte antwoord te kry om goed te doen in 'n toets"	"Soms is dit beter om foute te maak, dan leer jy makliker uit die foute."	"Ek dink daar is baie druk as jy nie die regte antwoord kry nie, dan is daar die ruk dat jy dit nie kan dien nie."	"Ja, die onderwyser rus jou toe om net die eksamen-vraestel te kan beantwoord, niks meer nie."	"Mens moet nie net werk om die regte antwoord te kry nie, mens kan byvoorbeeld verskillende metodes en formules gebruik om by die regte antwoord uit te kom."	"Nee, die regte antwoord help jou nie tydens probleem-oplossing nie"	"Nee, dit gaan oor die stappe van hoe om die antwoord te kry."	"Nee, ek dink dit is baie belangrik om die regte antwoord op verskillende maniere te kry om probleme op te los."	"Die proses om die antwoord te kry is die belangrikste."	"Nee, werk saam met die fout."	

4. Hoe sou jy die term kreatiewe denke definieer?

Deelnemers											Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
"jou woord som in 'n situasie te sit wat vir jou bekend is" en "jy moet 'n manier vind om wiskunde te leer wat vir jou maklik, eenvoudig en prakties is"	"uit die boks te dink" en "lewenswer klike situasie kan toepas"	"buite die boks half te dink" en "meer as een manier om by die antwoord uit te kom"	"negatiewe antwoord in die klas omskep na 'n positiewe antwoord"	"dink aan verskillende moontlikhede om vroe te beantwoord"	"self gaan ontdek" en "uit die boks uit dink" om iets te probeer oplos"	"uit die boks uit dink" en "verskillende metodes"	"anders te dink as jy 'n som kry of 'n probleem kry" en "uit die boks te dink"	"inheemse kennis"	"om goed oor te dra wat die leerders sal geniet"	"krities dink oor die werk" en "ander maniere om iets op te los"	"eie manier dink hoe om iets op te los"
											Senior-en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van kreatiewe denke.

5. Volgens die Nasionale Kurrikulum- en Assesseringsbeleidverklaring Graad 10-12 moet leerders probleme oplos en identifiseer en besluite neem deur kritiese en kreatiewe denke. In watter mate sal jy die volgende doelwit van die KABV toepas in 'n toekomstige wiskunde-klaskamer?

Deelnemers											Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
"ondersoek te gee"	"prakties maak" en "laat hulle dink"	"klomp verskeidenheid probleme gee"	"gee 'n kind die probleem wat jy weet in alledaagse dinge voorkom" en "gee die kind die probleem dat hy homself vir jou eers probeer voordat jy hom die antwoord gee"	"gee vir hulle die som om te doen"	"weg beweeg van die feit om 'n formule deur te gee, dat hulle self ontdek" en "eers die ontdekkingsreis laat doen"	"tutoriale deurwerk sodat hulle self iets kan ontdek"	"vir hulle die probleem gee om op te los"	"elke leerder moet 'n maat hê en in staat wees om 'n impak op mekaar te maak oor hoe om probleme op te los"	"imple-mentering van media" en "self ontdek"	"lewens-werklike konteks" en "dat hulle self die probleem kan identifiseer en dan verdere stappe neem om die probleem op te los"	"groep-werk" en "selfontdekking"
											Stimulering van kritiese en kreatiewe denke in die wiskunde-klaskamer.

6. Dink jy dit is belangrik vir 'n wiskunde-onderwyser om verskillende onderrigmetodes te implementeer? Waarom?

Deelnemers											Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
"almal leer verskillend" en "verskillende metodes gebruik om almal te akkommodeer"	"kinders leer verskillend" en "elke kind is anders"	"anders dink"	"verskillende tipes leerders"	"daar is verskillende tipes kinders"	"al die kinders in jou klas gaan nie dieselfde dink nie, so jy gaan elke leerder moet akkommodeer met sy verskillende leerstyle"	"daar is verskillende leerders"	"verskillende onderrigmetodes skep die geleentheid vir leerders (alle tipes leerders) om op alle vlakke te leer"	"elke onderwerp is anders"	"elke leerder se leer verskil"	"andere maniere sal meer betrokkeheid veroorsaak"	"almal leer verskillend"
											Die implementering van verskillende onderrigmetodes.

7. Wat dink jy behels probleemoplossing in skoolwiskunde?

Deelnemers											Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
"woord-somme bevorder kinders se probleem-oplossingsvaardighede"	"stap vir stap vir hulle wys"	"'n probleem gee en die antwoord kry"	"om 'n probleem op te kan los"	"probeer om 'n berekening op te los sonder om die metode te gee"	"'n probleem wat mense moet oplos" "hoe benader jy 'n manier om dit op te los"	"'n oplossing vind vir 'n onbekende probleem"	"situasie wees wat jy skep, waar jy ondersoek moet instel"	"Identifiseer die oplossing, die werklike probleem" en "sit dit in jou eie prentjie"	"klomp maniere kry om hierdie probleem op te los"	"wiskunde is probleem-oplossing" en "lewens-werklike konteks wat bekend is aan hulle"	"daar word vir jou probleme gegee en jy moet dit kan oplos" en "allegaagse probleme"
											Senior-en VOO voorgraadse wiskunde-onderwysers se definisie van probleem-oplossing.

8. Vraag 8 & 9: Dink jy dit is belangrik dat wiskunde-onderwysers leerders se eie probleemoplossingmetodes aanmoedig? Waarom? & Dink jy dat'n wiskunde probleem op verskeie wyses opgelos kan word? Waarom?

Deelnemers											Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
"metode vind wat vir hulle makliker is, wat wiskundig korrek is, moet ons dit motiveer" en "As jy wiskunde prosesse gebruik het om die probleem op te los, is dit reg"	"dit stimuleer hulle kreatiewe denke" en "in wiskunde is daar vyftig maniere hoe jy by een som se antwoord kan uitkom" en "laat daardie kind ook vir jou sê hoe hy dink"	"jy moet anders kan dink" en "daar is nie net een manier of een regte manier om dit te kry nie"	"laat die leerder die dinge doen soos hy gewoon is om te doen" en "daar is mos nie net altyd een regte antwoord nie"	"dit stel hulle in staat om daardie ingesteldheid te hê oor hoe ek dit kan oplos" en "daar is verskillende maniere om 'n ander onderwerp te benader"	"wat vir die een werk, gaan nie noodwendig vir die ander persoon werk nie" en "daar is verskillende paadjies wat gevolg kan word"	"daar is partykeer mos maar twee maniere om ietsie te doen" en "daar is verskillende maniere wat wel wiskundig korrek is"	"kreatiewe denke te stimuleer" en "hulle kans gee om daardie eie strategieë te ontwikkel" en "10 maniere om 'n som op te los"	"moet fasiliteerders wees vir leerders" en "onderwysers moet ook leer van leerders hoekom hulle verskillende metodes gebruik"	"lei tot effektiewe leer" en "elke persoon leer anders"	"strategieë aan te moedig as dit korrek is" en "probleem op vyf verskillende maniere oplos"	"ander moontlikhede kan die kind help" en "jy moet al die verskillende oplossings kan neerskryf"

9. Vraag 10: Dink jy kreatiewe denke is nodig tydens die uitvoer van wiskunde-probleme? Hoekom dink jy so?

Deelnemers												Tema
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
"nie noodwendig nodig nie, maar dit kan partykeer effektiewe leer bevorder"	"dit is nodig om probleme op te los" en "self 'n woordsom uitdink wat moet plus of minus" en " hulle dink anders, hulle moet kreatief kan dink"	"kan toepas om iets te kan oplos"	"as jy met verskillende lede sit, moet jy kreatief wees"	"Ek dink om dit in te voeg help jou dink aan 'n ander perspektief en om dit beter te verstaan"	"jy gaan moet kreatief dink om op die ou einde die oplossing te kry en ander maniere te probeer soek"	"mens moet partykeer net dink hoe gaan mens nou hierdie som oplos"	"in die skole word kreatiewe denke baie onderdruk " en "iets anders benader"	"Ja, want kreatief en oplos hou verband met lewens werklike probleme"	"dit gaan maar net laat die leerders dit baie makliker onthou"	"wiskunde verg 'n ander manier van denke"	"in my kop dan begin al die verskillende wyses hoe ek hom kan oplos te begin formuleer"	Kreatiewe denke tydens die uitvoer van wiskunde-probleme.

BYLAAG I: TITELREGISTRASIE



NORTH-WEST UNIVERSITY
YUNIBESITHI YA BOKONE BOPHIRIMA
NOORDWES UNIVERSITEIT
POTCHEFSTROOMKAMPUS

Privaatsak X6001, Potchefstroom
Suid-Afrika 2520

Tel: 018 299-1111/2222
Web: <http://www.nwu.ac.za>

Hoërgrade-Administrasie
Tel: 018-2992656
E-pos: bianca.fazakas@nwu.ac.za

25 Mei 2017

Geagte me Nel

REGISTRASIE VAN TITEL

Die Fakulteitsraad van Opvoedingswetenskappe het op die jongste vergadering u titel soos volg goedgekeur:

Voorgaande wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing

Let asseblief daarop dat bogenoemde titel glad nie verander mag word sonder dat u daarvoor met u studieleier/promotor oorleg gepleeg het en die goedkeuring van die fakulteitsraad verkry is nie.

Indien u wil indien, moet u dit asseblief met u studieleier bespreek. Met die goedkeuring van u studieleier moet u asseblief DRIE maande voor u beplan om in te dien, kennis gee op die voorgeskrewe Kennis van Indieningsvorm. Die vorm is beskikbaar by die Hoërgrade-Administrasie-afdeling of by u fakulteit se administratiewe bestuurder.

Indieningsdatums van kopieë vir eksaminering:

- 02 Mei 2018 om vir September/Oktober 2018 se gradeplegtigheid te kwalifiseer
- 25 Oktober 2017 om vir Mei 2018 se gradeplegtigheid te kwalifiseer

Indien u na 25 Oktober 2017 indien, bestaan die moontlikheid dat u nie kwalifiseer vir die Mei 2018 se gradeplegtigheid nie. U sal dan vir die nuwe jaar moet registreer, om sodoende vir September/Oktober 2018 se gradeplegtigheid in aanmerking te kom.

U aandag word gevestig op die volgende publikasies/webadresse:

- A-reëls:
- http://www.nwu.ac.za/sites/www.nwu.ac.za/files/files/i-governance-management/policy/7P-Arules2015_a-1.pdf
- Handleiding vir Nagraadse Studie: (nog nie in Afrikaans beskikbaar op die oomblik nie)
<http://www.nwu.ac.za/sites/www.nwu.ac.za/files/files/i-research-support/Manuals/ICRI/2016-04-06%20ICRI%20Manual%20for%20M%20and%20D%20students.pdf>

Ons wens u'n aangename en suksesvolle studietydperk toe.

Vriendelike groete

Me Bianca Fazakas
VR KAMPUSREGISTRATEUR

Onspronklike gegewe: (10512187) C:\Users\10512187\Desktop\Titelregistrasiebrief.docx
9 Jan 2017

Verwysingsnommer: 7.1.11.1

BYLAAG J: ETIEKSERTIFIKAAT


NORTH-WEST UNIVERSITY
 YUNIBESITHI YA BOKONE-BOPH RIMA
 NOORDWES-UNIVERSITEIT

Private Bag X6001, Potchefstroom,
 South Africa, 2520
 Tel: (018) 299-4900
 Faks: (018) 299-4910
 Web: <http://www.nwu.ac.za>
Institutional Research Ethics Regulatory Committee
 Tel: +27 18 299 4849
 Email: Ethics@nwu.ac.za

ETHICS APPROVAL CERTIFICATE OF STUDY

Based on approval by the Ethics Committee of the Faculty of Education Sciences (ESREC) on 08/06/2017 after being reviewed at the meeting held on 25/05/2017, the North-West University Institutional Research Ethics Regulatory Committee (NWU-IRERC) hereby approves your study as indicated below. This implies that the NWU-IRERC grants its permission that, provided the special conditions specified below are met and pending any other authorisation that may be necessary, the study may be initiated, using the ethics number below.

Study title: Voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.																
Study Leader/Supervisor:	Dr A Roux															
Student:	J Nel															
Ethics number:	<table border="1"> <tr> <td>N</td><td>W</td><td>U</td><td>-</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td><td>8</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td><td>7</td><td>-</td><td>A</td><td>2</td> </tr> </table>	N	W	U	-	0	0	4	8	1	-	1	7	-	A	2
N	W	U	-	0	0	4	8	1	-	1	7	-	A	2		
Institution Study Number Year Status Status: S = Submission; R = Re-Submission; P = Provisional Authorisation; A = Authorisation																
Application Type:	N/A															
Commencement date:	2017-01-08															
Expiry date:	2018-10-08															
Risk:	N/A															

Special conditions of the approval (if applicable):

- Translation of the informed consent document to the languages applicable to the study participants should be submitted to the ESREC (if applicable).
- Any research at governmental or private institutions, permission must still be obtained from relevant authorities and provided to the ESREC. Ethics approval is required BEFORE approval can be obtained from these authorities.

General conditions:

While this ethics approval is subject to all declarations, undertakings and agreements incorporated and signed in the application form, please note the following:

- The study leader (principle investigator) must report in the prescribed format to the NWU-IRERC via ESREC:
 - annually (or as otherwise requested) on the progress of the study, and upon completion of the project
 - without any delay in case of any adverse event (or any matter that interrupts sound ethical principles) during the course of the project.
 - Annually a number of projects may be randomly selected for an external audit.
- The approval applies strictly to the proposal as stipulated in the application form. Would any changes to the proposal be deemed necessary during the course of the study, the study leader must apply for approval of these changes at the ESREC. Would there be deviation from the study proposal without the necessary approval of such changes, the ethics approval is immediately and automatically forfeited.
- The date of approval indicates the first date that the project may be started. Would the project have to continue after the expiry date, a new application must be made to the NWU-IRERC via ESREC and new approval received before or on the expiry date.
- In the interest of ethical responsibility the NWU-IRERC and ESREC retains the right to:
 - request access to any information or data at any time during the course or after completion of the study;
 - to ask further questions, seek additional information, require further modification or monitor the conduct of your research or the informed consent process.
 - withdraw or postpone approval if:
 - any unethical principles or practices of the project are revealed or suspected,
 - it becomes apparent that any relevant information was withheld from the ESREC or that information has been false or misrepresented,
 - the required annual report and reporting of adverse events was not done timely and accurately,
 - new institutional rules, national legislation or international conventions deem it necessary.
- ESREC can be contacted for further information or any report templates via Ema.Grevilro@nwu.ac.za or 018 299 4650

The IRERC would like to remain at your service as scientist and researcher, and wishes you well with your project. Please do not hesitate to contact the IRERC or ESREC for any further enquiries or requests for assistance.

Yours sincerely

Prof LA
Du Plessis

Digitally signed by
 Prof LA Du Plessis
 Date: 2017.06.08
 15:24:15 +02'00'

Prof Linda du Plessis

Chair NWU Institutional Research Ethics Regulatory Committee (IRERC)

BYLAAG K: NWU RDGC PERMISSION LETTER



Jolinda Nel
Per Email: namibyspos2@gmail.com
CC: Annalie.Roux@nwu.ac.za

Private Bag X8001, Potchefstroom
South Africa 2520

Tel: (018) 299-4900
Faks: (018) 299-4910
Web: <http://www.nwu.ac.za>

NWU RDGC PERMISSION GRANTED / DENIED LETTER

Based on the documentation provided by the researcher specified below, on 14/06/2017 the NWU Research Data Gatekeeper Committee (NWU-RDGC) hereby grants permission for the specific project (as indicated below) to be conducted at the North-West University (NWU) given that the specific conditions indicated below are met.

Project title: Voorgaardse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing.

Project leader: Dr A Roux
Student: Jolinda Nel
NWU reference no: NWU-00481-17-S2

Specific Conditions:

- Please adapt your recruitment document (i.e. 'werwingsvorm'), to include a Yes/No question which asks whether the students are willing to participate in the research - on which they can specifically answer "Yes" or "No". After this question please include the sentence: "If yes, please complete the following." and add a space for the student's signature and contact information (if relevant) within the Name, Surname and Date section.
- Please provide the RDGC with a permission letter from the relevant lecturer whose class is going to be used for data collection. With this permission letter the lecturer must also state that no infringement will be made on the class time of the students.

Approval date: 15/06/2017

Expiry date: 15/06/2018

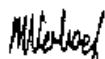
General Conditions of Approval:

- The NWU-RDGC will not take the responsibility to recruit research participants or to gather data on behalf of the researcher. This committee can therefore not guarantee the participation of our relevant stakeholders.
- Any changes to the research protocol within the permission period (for a maximum of 1 year) must be communicated to the NWU-RDGC. Failure to do so will lead to withdrawal of the permission.
- The NWU-RDGC should be provided with a report or document in which the results of said project are disseminated.

Please note that under no circumstances will any personal information of possible research subjects be provided to the researcher by the NWU RDGC. The NWU complies with the Promotion of Access to Information Act 2 of 2000 (PAIA) as well as the Protection of Personal Information Act 4 of 2013 (POPI). For more information on how the NWU complies with PAIA and POPI please contact Ms Amanda van der Merwe (018 299 4942).

The NWU RDGC would like to remain at your service as scientist and researcher, and wishes you well with your project. Please do not hesitate to contact the NWU RDGC for any further enquiries or requests for assistance.

Yours sincerely,


Prof. Marlene Verhoef
Chair: NWU-RDGC

BYLAAG L: TAALVERSORGINGSERTIFIKAAT

Declaration

*This is to declare that I, Annette L Combrink, accredited
language editor and translator of the South African
'Translators' Institute, have language-edited the dissertation
by*

Jolinda Nel (23517573)

With the title

**Voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor en
implementering van kreatiewe denke tydens wiskunde-
probleemoplossing**



*Prof Annette L Combrink
Accredited translator and language editor
South African Translators' Institute
Membership No. 1000356
Date: 29 September 2018*

BYLAAG M: TEGNIESE VERSORGING



Excellencia Editing
56 Maberry Street
Potchefstroom, North-West 2520
South Africa
Mobile: 083 475 5263

Sertifikaat van Tegniese versorging

Hiermee verklaar ek, Engela Oosthuizen, met identiteitsnommer 840330 0047 089,
dat ek die skripsie met die titel

*"Voorgraadse wiskunde-onderwysers se oortuigings oor implementering van
kreatiewe denke tydens wiskunde-probleemoplossing"*

van Mej. J Nel, met studentenommer 23517573, tegnies versorg het.

Engela Oosthuizen

BYLAAG N: TURNITIN VERSLAG

12040177:Jolinda_Nel_finale_M_1_Oktober_2018_Turn_It_In...			
ORIGINALITY REPORT			
9%	9%	1%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	dspace.nwu.ac.za Internet Source		3%
2	uir.unisa.ac.za Internet Source		1%
3	Submitted to North West University Student Paper		1%
4	repository.up.ac.za Internet Source		1%
5	scholar.sun.ac.za Internet Source		1%
6	repository.nwu.ac.za Internet Source		<1%
7	v-sgsync-lnx1.nwu.ac.za Internet Source		<1%
8	Submitted to Akademie Reformatoriese Opleiding en Studies (Aros) Student Paper		<1%
9	www.satnt.ac.za		