

# TALBLINDHEDS- PROJEKTET

RAPPORT OM UDVIKLING AF  
TALBLINDHEDSTEST OG  
VEJLEDNINGSMATERIALE

LENA LINDENSKOV, KATRINE  
KIRSTED, PETER ALLERUP OG  
BENT LINDHART



AARHUS  
UNIVERSITET  
DPU



Lena Lindenskov, Katrine Kirsted, Peter Allerup  
og Bent Lindhardt

# **Talblindhedsprojektet**

Rapport om udvikling af talblindhedstest  
og vejledningsmateriale

Titel:

*Talblindhedsprojektet. Rapport om udvikling af talblindhedstest og vejledningsmateriale*

Faglig rapport fra Danmarks institut for Pædagogik og Uddannelse  
og Professionshøjskolen Absalon 2018

Forfattere:

Lena Lindenskov, Katrine Kirsted, Peter Allerup og Bent Lindhardt

Redaktion afsluttet

December 2018

Faglig kommentering

Lisser Rye Ejersbo, Pernille Pind og Michael Wahl Andersen

Finansiel støtte

Undervisningsministeriet

Emneord

Talblindhed, dyskalkuli

Illustrationer

Katrine Kirsted

Udgivet af:

DPU, Aarhus Universitet, 2019

© 2019, forfatterne

1. udgave

Kopiering tilladt med tydelig kildeangivelse

Omslag og grafisk tilrettelæggelse:

Knud Holt Nielsen

Forsidefoto:

Colourbox.com

ISBN:

87-7684-563-X

# Indhold

<b>1. SAMMENFATNING</b>	<b>5</b>
1.1/ DEFINITION	6
1.2/ DET UDVIKLEDE TESTBATTERI	7
1.2.1/ <i>Tragt 1 med observationsguide</i>	9
1.2.2/ <i>Tragt 2 med digital test</i>	9
1.2.3/ <i>Tragt 3 med samtaletest</i>	11
1.2.4/ <i>Tragt 4 med pædagogisk/psykologisk udredning, PPR</i>	12
1.3/ DEN UDVIKLEDE PÆDAGOGISKE VEJLEDNING	12
1.4/ AFSLUTTENDE	13
<b>2.0 LÆSEGUIDE</b>	<b>14</b>
<b>3.0 TERMINOLOGI</b>	<b>16</b>
<b>4.0 BAGGRUND</b>	<b>19</b>
<b>5.0 PROJEKTETS DEFINITION AF TALBLINDHED</b>	<b>22</b>
<b>6.0 FORMÅL OG MÅL FOR PROJEKTET</b>	<b>25</b>
<b>7.0 OVERSIGT OVER PROJEKTETS PRODUKTER 2018</b>	<b>26</b>
<b>8.0 METODOLOGI</b>	<b>27</b>
<b>9.0 PRÆSENTATION AF TRAGTMODEL OG AFSKÆRINGSMEKANISME</b>	<b>30</b>
<b>10.0 OBSERVATIONSGUIDEN</b>	<b>34</b>
<b>11.0 TEORIBAGGRUND FOR DELTESTENE I DEN UDVIKLEDE DIGITALE TEST (TRAGT 2)</b>	<b>36</b>
11.1/ DELTEST 1 I TRAGT 2	40
11.2/ DELTEST 2 I TRAGT 2	43
11.3/ DELTEST 3 I TRAGT 2	44
11.4/ DELTEST 4 I TRAGT 2	44
<b>12.0 DEN DIGITALE TESTS UDVIKLINGSFASER</b>	<b>45</b>
12.1/ FASE 1 - VENNETEST	45
12.1.1/ <i>Formål med fase 1</i>	45
12.1.2/ <i>Indhold og baggrund</i>	45
12.1.4/ <i>Resultater</i>	47
12.1.5/ <i>Justeringer</i>	47
12.2/ FASE 2 – AFPRØVNING PÅ CA. 200 ELEVER	48
12.2.1/ <i>Formål</i>	48
12.2.2/ <i>Indhold og baggrund</i>	48
12.2.3/ <i>Deltagergruppe</i>	51
12.2.4/ <i>Resultater</i>	51
12.2.5/ <i>Lærernes mistanke om talblinde elever og elever i vanskeligheder</i>	63
12.2.6/ <i>Justeringer</i>	63
12.3/ FASE 3 – EN UDVALGT KOMMUNE	65
12.3.1/ <i>Formål</i>	65
12.3.2/ <i>Indhold og baggrund</i>	65

12.3.3/	<i>Deltagergruppe</i> .....	66
12.3.4/	<i>Resultater</i> .....	66
12.3.5/	<i>Justeringer</i> .....	71
12.3.6/	<i>Spørgeskemasvar fra lærerne, fase 3</i> .....	72
12.4/	FASE 4 – AFPRØVNING PÅ 1000 ELEVER.....	74
12.4.1/	<i>Formål</i> .....	74
12.4.5/	<i>Justeringer</i> .....	81
<b>13.0</b>	<b>AFSLUTTENDE KOMMENTARER TIL DEN DIGITALE TEST</b> .....	<b>84</b>
13.1/	SYSTEMBESKRIVELSE OG FUNKTIONSLOGIK AF DEN DIGITALE TEST. ....	84
13.2/	UDVÆLGELSE AF ELEVER TIL SAMTALETEST .....	84
13.3/	CUT-OFF-SCORE I DEN DIGITALE TEST I TRAGT 2 .....	86
13.3.1/	<i>Deltest 1</i> .....	86
13.3.2/	<i>Deltest 2 i tragt 2</i> .....	89
13.3.3/	<i>Deltest 3 i tragt 2</i> .....	91
13.3.4/	<i>Deltest 4 i tragt 2</i> .....	93
13.4/	EKSEMPLER PÅ SCORING .....	95
<b>14.0</b>	<b>SAMTALETESTEN</b> .....	<b>96</b>
14.1/	PRÆSENTATION AF SAMTALETESTEN – TRAGT 3 .....	96
14.2/	SAMTALETESTENS UDVIKLINGSFASER .....	97
14.3/	FASE 1 – UDFORMNING AF PRÆLIMINÆR VEJLEDNING TIL SAMTALETEST .....	99
14.4/	FASE 2 – AFPRØVNING OG VALIDERING AF TESTVEJLEDNING TIL SAMTALETESTEN.....	100
14.5/	FASE 3 – SAMTALETEST MED 30 ELEVER UDVALGT BLANDT 1000 ELEVER.....	100
<b>15.0</b>	<b>PÆDAGOGISK PSYKOLOGISK RÅDGIVNING, PPR</b> .....	<b>102</b>
15.1/	FASE 1 .....	102
15.2/	FASE 2 .....	103
<b>16.0</b>	<b>PÆDAGOGISK VEJLEDNING</b> .....	<b>104</b>
<b>17.0</b>	<b>KAN MAN STOLE PÅ TESTBATTERIET – GYLDIGHED (VALIDITET)?</b> .....	<b>105</b>
17.1/	HVORDAN RELATERER MÅLINGEN SIG TIL BØRNEENS OG LÆRERNES HVERDAGSLIV? – (DETTE BETEGNES AF OG TIL SOM ØKOSYSTEMISK VALIDITET? .....	105
17.2/	MÅLER TESTBATTERIET DET, SOM VI ØNSKER AT MÅLE? – MÅLINGSVALIDITET (/CONSTRUCT) VALIDITET?.....	106
17.3/	ER DET KORREKTE ÅRSAGSFORKLARINGER, DER LIGGER BAG TESTBATTERIET – INTERN VALIDITET? .....	107
17.4/	KAN TESTBATTERIET ANVENDES MED ANDRE ALDERSGRUPPER OG I ANDRE KULTURELLE SAMMENHÆNGE? – EKSTERN VALIDITET?.....	107
17.5/	STIKPRØVEVALIDITET? .....	107
17.6/	RELIABILITET.....	108
<b>18.0</b>	<b>REFERENCER</b> .....	<b>109</b>
18.1/	REFERENCER SPECIELT TIL PÆDAGOGISK VEJLEDNING.....	113
<b>19.0</b>	<b>FIGURER</b> .....	<b>122</b>

# 1. Sammenfatning

I *Talblindhedsprojektet 2014 - 2018* er der udviklet en foreløbig talblindhedstest til brug i 4. klasse. Den foreløbige test er et testbatteri med fire tragte, som kort beskrives i denne sammenfatning. I projektet er også udviklet pædagogisk vejledning om støtte til identificerede elever og om forebyggende indsatser inden 4. klasse.

Talblindhedsprojektet er gennemført i et konsortium med DPU, Aarhus Universitet og Professionshøjskolen Absalon med bistand fra Københavns Professionshøjskole og selvstændig konsulent Pernille Pind.

Projektet blev sat i gang af Undervisningsministeriet på baggrund af en aftale i 2013 mellem regeringen (Socialdemokraterne, Radikale Venstre og Socialistisk Folkeparti), Venstre og Dansk Folkeparti om et fagligt løft af folkeskolen. Projektet skulle give et bidrag til, at alle elever i matematikundervisningen fik mulighed for bedst udbytte, engagement og faglig selvtillid. Test af talblindhed skulle målrettes til elever i 4. klasse, mens de faglige vejledninger og metoder skulle rette sig mod identificerede elever samt forebyggende indsatser inden 4. klasse.

I Undervisningsministeriets formulering i 2014 lød det:

Udvikling af en test af talblindhed og elektroniske vejledninger til den opfølgende indsats har til formål at sikre en tidlig målrettet indsats i forhold til inklusion af elever med talblindhed i den almindelige undervisning.

(...)

Oplysningen om, at en elev er talblind, kan give et fokus i arbejdet med det inkluderende læringsmiljø, så eleven får en målrettet undervisning.

En standardiseret talblindhedstest vil kunne støtte op om kommunernes bestræbelser på at give elever med talblindhed et fyldestgørende undervisningstilbud, så de får mulighed for at gennemføre en uddannelse. En forudsætning herfor er, at vanskelighederne identificeres så tidligt som muligt i skoleforløbet.

Talblindhed er fortsat et nyt forskningsområde, hvor der mangler international evidensbaseret forskning. Der er endnu ikke opnået international forskningsmæssig konsensus om, hvordan talblindhed afgrænses, og der findes både smalle og brede afgrænsninger.

Der er heller ikke konsensus om, hvordan talblindhed identificeres, og hvordan man i uddannelsessystemer bedst tilgodeser talblinde elever. Men interessen er voksende, og feltet er i stor udvikling.

## 1.1/ Definition

Projektgruppen vurderer, at der er størst forskningsmæssig baggrund for at definere talblindhed smalt som en specifik neurologisk udviklingsforstyrrelse, der omfatter vanskeligheder ved at automatisere tal, antal og størrelser samt fastholde og anvende aritmetiske færdigheder.

Når der er usikkerhed i forskningen om, hvordan talblindhed defineres, og når der er uenighed om begrebets anvendelse i didaktiske sammenhænge, er det relevant at anlægge et forsigtighedsprincip, som begrænser omfanget af diagnosticerede talblinde elever. Projektgruppen tager dermed udgangspunkt i en smal definition, af Liane Kaufmann og Michael von Aster (2012) betegnet som primær talblindhed (s. 769) og som isoleret talblindhed (s. 771).

De brede afgrænsninger anvender percentiler i curriculumbaserede test som kriterier for talblindhed. Det, mener vi, er for upræcist, og det giver ikke mulighed for at skelne, om baggrunden kan være generelle indlæringsvanskeligheder, mangelfuld undervisning, psykologiske eller sociologiske årsager – eller eventuelt have neurologisk karakter. Vi er enige med Brian Butterworth om, at det er vigtigt at kunne skelne for at kunne tilbyde relevant undervisning: talblinde elever skal tilbydes noget andet end elever, der præsterer lavt, fordi de f.eks. lærer langsomt (2015, s. 27).

Den smalle definition for projektets udvikling af en dansk talblindhedstest for elever i 4. klasse lyder således:

Talblindhed/dyskalkuli er en læringsudfordring, der er påvirket af en specifik neurologisk udviklingsforstyrrelse, som kan have forskellige udtryk, men som ikke primært kan forklares på baggrund af generelle indlæringsvanskeligheder, mangelfuld undervisning, psykologiske eller sociologiske årsager.

Talblindhed/dyskalkuli omfatter vanskeligheder ved at automatisere tal, antal og størrelser samt fastholde og anvende aritmetiske færdigheder

Projektets definition af talblindhed indbefatter også, at elevens læringsvanskeligheder primært er vanskeligheder med tal og regning med tal.

Det er dermed en forkortet udgave af Steen Bengtsson og Lena Bech Larsens (2013) karakteristik af talblindhed. En nærmere gennemgang findes i rapportens afsnit 4.



Projektets afgrænsning betyder, at andelen af alle elever, som identificeres som talblinde af den udviklede test, er 1–2 %. Dette er begrundet i den smalle angivelse på 1,8 % hos von Aster (von Aster & Shalev, 2007, s. 870). Andelen ville have været større, hvis vi ikke havde afvist brede afgrænsninger som upræcise. Brede afgrænsninger har hos andre forskere dog givet andele på mellem 3,6-8,4 % (Mazzocco & Myers, 2003; Desoete, Roeyers & De Clercq, 2004; Butterworth, 2005; Shalev, Manor & Gross-Tsur, 2005; Dowker, 2005).

## 1.2/ Det udviklede testbatteri

Det er en gennemgående opfattelse i forskningslitteraturen, at det er relevant med en testning, der indeholder flere typer undersøgelser. Vi har derfor udviklet og sammensat en række test, som vi kombinerer i det, vi betegner som et testbatteri med fire dele.

De fire dele består af:

- 1) En observationsguide til 2.-4. klasse
- 2) En digital test og vejledning til denne henvendt til 4. klasse
- 3) En samtaletest med manual og elevark henvendt til 4. klasse.
- 4) En generel kognitiv udredning fra PPR

Delene betegnes metaforisk som tragte, idet der er flere og flere elever, der afskæres eller udskilles som ikke-talblinde fra tragt 1, 2, 3 og til sidst fra tragt 4.

De fire tragte i det foreløbige testbatteri har forskellige formål.

Første tragt har til formål, at læreren anvender den udviklede observationsguide på hele sin klasse for at kunne identificere elever med særlige kendetegn, som kunne tyde på talblindhed. Testbatteriet er standardiseret til, at ca. 15 % af eleverne på landsplan i 4. klasse på baggrund af observationsguiden vil blive identificeret med særlige kendetegn og skal gå videre til anden tragt, mens resten udskilles som ikke-talblinde.

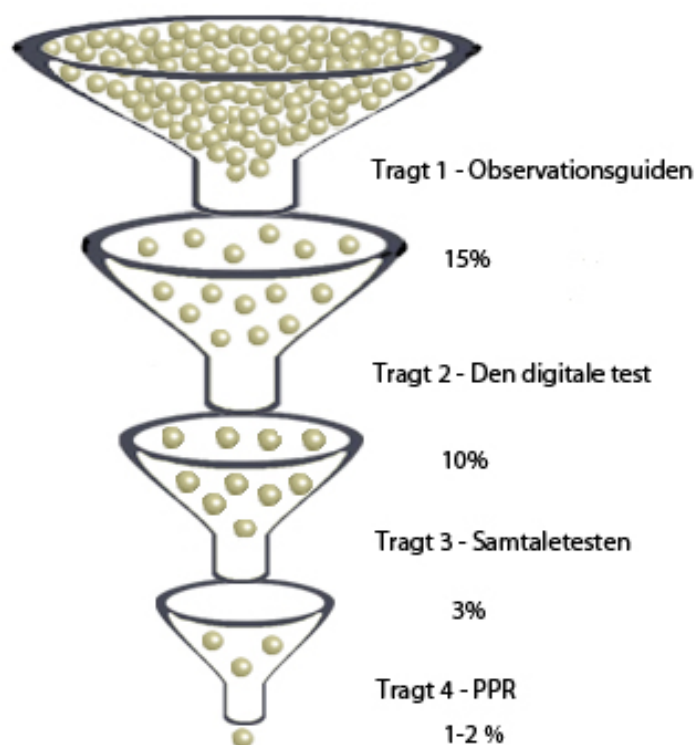
Anden tragt har til formål med en digital test at undersøge disse identificerede elever med hensyn til, om deres matematikvanskeligheder kan have baggrund i en læringsudfordring, der er påvirket af en specifik neurologisk udviklingsforstyrrelse. Testbatteriet er standardiseret til, at ca. 10 % af eleverne på landsplan i 4. klasse vil blive identificeret til, at deres matematikvanskeligheder kan have en sådan baggrund, og disse elever skal gå videre til tredje tragt, mens resten udskilles som ikke-talblinde.

Tredje tragt har til formål, at matematiklærer/matematikvejleder samtaler med de pågældende identificerede elever for at undersøge, om den formodede læringsudfordring har be-

tydning for elevernes matematiklæring. Testbatteriet er standardiseret til, at ca. 3 % af eleverne på landsplan i 4. klasse vil blive identificeret til, at den formodede læringsudfordring har betydning for læringen. Disse elever skal gå videre til fjerde tragt, mens resten af eleverne udskilles som ikke-talblinde.

Fjerde tragt har til formål, at PPR afgør, om de identificerede elever har andre vanskeligheder. Testbatteriet er standardiseret til, at ca. 1-2 % af eleverne på landsplan i 4. klasse vil blive identificeret som talblinde, svarende til ca. 650-1.300 elever, mens resten af eleverne udskilles som ikke-talblinde.

Testbatteriet illustreres i figur 1.



Figur 1 Tragtmodellen med procenter.

### 1.2.1/ Tragt 1 med observationsguide

Som følge af projektets definition på talblindhed er det unødvendigt at teste alle elever, da talblindhed giver sig udtryk i gennemgribende og vedholdende vanskeligheder med tal. Det er muligt for en fagkyndig, der systematisk og fokuseret observerer eleverne, at udskille en meget stor del af dem som 'ikke-talblinde'.

Viden om talblindhed er dog for lille i dag blandt matematiklærere og matematikvejledere til, at de intuitivt og uformelt kan foretage udskillelsen. Derfor har projektet udviklet en guide om fokuseret, systematisk observation af kendetegn ved elever, der er i risiko for talblindhed.

Observationsguiden giver præcise anvisninger på, hvordan matematiklæreren og matematikvejlederen skal udpege elever, der er i risiko for gennemgribende og vedholdende 'vanskeligheder ved at automatisere tal, antal og størrelser samt fastholde og anvende aritmetiske færdigheder' og derfor skal testes for talblindhed i 4. klasse.

Observationsguiden er udviklet med inspiration fra viden om voksne og om børn. Det drejer sig om interviews med voksne, der er selvdiagnosticerede talblinde eller fra andre sammenhænge har kendte talblindhedstræk. Det drejer sig også om samtaler med 4.-klasse-elever, hvis lærere har iagttaget tunge vanskeligheder i matematik. Observationsguiden er udviklet på baggrund af kvalitative aspekter af Steve Chinns diagnosticeringsmetode (2017). Observationsguiden er afprøvet af projektgruppen og af udvalgte matematikvejledere, og guiden er revideret på den baggrund.

Der er ikke foretaget reliabilitetsvurdering af observationer af samme elev foretaget af flere matematiklærere og matematikvejledere. Der er heller ikke foretaget reliabilitetsvurdering af tidsforskudte observationer foretaget af samme observatør på samme elev. Vi anbefaler, at det bliver foretaget efterfølgende.

### 1.2.2/ Tragt 2 med digital test

I del 2 undersøges det, hvorvidt vanskelighederne hos de udpegede elever fra tragt 1 kan have baggrund i en læringsudfordring, der er påvirket af en specifik neurologisk udviklingsforstyrrelse i form af talblindhed.

Der findes i forskningslitteraturen to forskellige hypoteser om, hvordan disse udfordringer kan iagttages, selv uden at anvende hjernescanninger. Til disse hypoteser har vi udvalgt opgavetyper blandt eksisterende testopgavetyper, hvor forskere har dokumenteret, hvordan der er foretaget psykometrisk vurdering, det være sig ved Rasch-modellering med vurdering

af hver enkelt opgaves kvalitet, eller det være sig standardiseringer i forhold til hele populationen og normeringer med angivelse af cut-scorer for percentiler (Rasch, 1968; Allerup, 1994).

Kravet om, at der foreligger psykometrisk vurdering, opfyldes af opgaver i Daniel Ansaris numeracy screener, i David C. Gearys number sets test samt i Panamath-testen (Halberda, Mazocco & Feigenson, 2008). Fra disse har vi udvalgt opgavetyper, sammensat dem til deltest 1, 2, 3 og 4 og udført en række eksperimenter med test af elever.

Sammensætningen af opgaverne er original, og vi har indhentet tilladelse fra testkonstruktørerne Ansari og Geary til at bruge deres opgaver, herefter har vi udvalgt herfra og adapteret dem til dansk kontekst. Vi har konstrueret egne opgaver inspireret af Panamath-testen, som i øvrigt er åben at bruge for alle med kildeangivelse. Idet en af opgavetyperne kræver, at eleven får afgrænset tid til hver enkelt opgave, hvilket sikres bedst i et digitalt medie, har vi besluttet, at alle deltest i tragt 2 blev digitaliseret.

Som digital leverandør har vi valgt @ventures, idet deres digitale testsystem @venX allerede anvendes bredt i folkeskolen i forbindelse med De Nationale Test og den digitale udgave af Folkeskolens Afgangsprøve i naturfagene.

De statistiske analyser af et testeksperiment med repræsentativ stikprøve på godt 1000 elever blandt alle landets 4.-klasse-elever viste, at nogle opgaver i den digitale test måtte ekskluderes fra sættet for at få Rasch-modellen til at passe. Dette var dog forventet ud fra forskningslitteraturens beskrivelser af, hvordan de udvalgte testelementer oprindeligt var blevet udviklet.

Efter eksklusionen af opgaver levede alle fire deltest 1,2,3 og 4 op til gængse psykometriske krav vedrørende reliabilitet og validitet, og opgaverne udgjorde derfor et homogent grundlag til at bygge skalaer til måling af færdigheder med. Deltestene producerer mål for elevernes løsnings sikkerhed, som er tilfredsstillende set i forhold til gængse krav om lavt usikkerhedsniveau på de opnåede mål.

Resultaterne af testeksperimentet med den digitale test (tragt 2) med de godt 1000 elever blev anvendt til standardisering af hver af dens fire deltest. Efter testeksperiment med samtaletesten (tragt 3) og vurdering hos PPR (tragt 4) blev resultaterne derfra anvendt til at fastsætte endelige percentiler og tilhørende cut-off-scorer, for hvornår den digitale test (tragt 2) skulle identificere en elev, som var i risiko for talblindhed, mens resten af eleverne udskiltes som ikke-talblinde.

Vi har undersøgt datamaterialet for særlige elevprofiler, uden at der tegner sig noget klart billede. Dette er i overensstemmelse med den viden om talblinde elever, som gennemgående

præsenteres i forskningslitteraturen: Talblinde elever er ikke en homogen gruppe, og talblindhed kan give sig udtryk på mange forskellige måder hos forskellige mennesker. Men måske vil det være muligt at finde elevprofiler i den digitale test med et nyt datamateriale, der kan blive fremstillet, når testbatteriet igen anvendes i praksis.

Da deltestene bygger på forskellige hypoteser, forventedes der ikke stor reliabilitet indbyrdes imellem dem, og forventningen blev bekræftet.

For at tilgodese en vis bredde i de neurologiske udfordringer, men undgå, at en god præstation i én deltest neutraliserer ringe præstationer i andre deltest, konstruerede vi følgende algoritme til at afgøre, hvorvidt den digitale test rubricerede eleven som i risiko eller ikke i risiko for talblindhed: Når en elev maksimalt præsterer angivne scoregrænser i mindst tre ud af fire deltest, er eleven i risiko for talblindhed.

Det er ikke relevant at foretage reliabilitetsvurdering mellem forskellige testere i den digitale test. Der var ikke i projektet mulighed for at foretage reliabilitetsvurdering af testning af samme elev på forskellige tidspunkter, hvilket ellers anvendes i forskningslitteraturen. Vi anbefaler, at det bliver foretaget efterfølgende.

### 1.2.3/ Tragt 3 med samtaletest

En elev udpeget både i tragt 1 fra lærerens observation og i tragt 2 fra den digitale test til at kunne have neurologiske udfordringer i relation til tal og aritmetik kan falde ind under projektets definition, men kan også falde udenfor. Elever kan have opbygget kompenserende strategier og erfaringer, således at ringe basal talsans og symbolforståelse ikke influerer på elevernes matematiklæring i og uden for skolen. Ifølge definitionen skal de neurologiske udfordringer give sig udtryk i specifikke læringsvanskeligheder inden for tal og aritmetik.

I dansk kontekst undersøges dette bedst i en fokuseret, men åben dynamisk samtale mellem en fagkyndig testlærer og eleven. Derfor har vi konstrueret en samtaletest med det formål at afklare, om eleven har læringsvanskeligheder inden for tal og aritmetik, der relaterer sig til en neurologisk udfordring. Testen består af en række opgaver, hvor testlæreren noterer elevens mundtlige svar. Opgaverne ligger inden for fire kategorier: 1) Talsymboler og ordning, 2) positionssystem og ordning, 3) regning med tal, 4) matematik i hverdagen. I alt indgår i samtaletesten 18 forskellige opgavetyper, hvor læreren vurderer rigtighed og anvendte strategier.

I den udarbejdede testvejledning beskrives detaljeret, hvordan testlæreren skal agere under samtalen og efterfølgende give en samlet vurdering af, om eleven er i risiko for talblindhed

eller ej. Samtaletestmaterialet og testvejledningen til læreren er afprøvet af udvalgte matematiklærere med elever udpeget på baggrund af lærerens observation og den digitale test for risiko for talblindhed. Disse afprøvninger er videooptaget. Videooptagelserne er analyseret af projektgruppen, hvorefter testmateriale og testvejledning er blevet revideret.

Der er ikke foretaget reliabilitetsvurderinger af samtaletest med samme elev foretaget af flere lærere og vejledere, udpeget repræsentativt blandt landets matematiklærere og matematikvejledere. Der er heller ikke foretaget reliabilitetsvurdering af tidsforskudte samtaler foretaget af samme testlærer på samme elev. Vi anbefaler, at det bliver foretaget efterfølgende.

#### 1.2.4/ Tragt 4 med pædagogisk/psykologisk udredning, PPR

En elev, som udpeges i tragt 3 som værende i risiko for talblindhed, kan falde ind under projektets definition, men kan også falde udenfor. Eleven kan nemlig have generelle indlæringsvanskeligheder, eller der kan være andre årsager end neurologiske udfordringer. Om dette er tilfældet, eller om eleven må identificeres som hørende ind under projektets definition på talblindhed, må afgøres gennem pædagogisk/psykologisk udredning. Dette er i vores udviklingsproces af testen afprøvet med vurderinger fra PPR.

### 1.3/ Den udviklede pædagogiske vejledning

Den pædagogiske vejledning har som formål at beskrive fænomenet talblindhed samt angive mulige opfølgende faglige og pædagogisk/didaktiske tiltag, som kan forbedre læringsituationen for talblinde elever. Målet er at inspirere til bedre og mere målrettede indsatser for talblinde elever. Målgruppen for den pædagogiske vejledning er matematiklærere, matematikvejledere, skoleledere, kommunale konsulenter m.m.

Udarbejdelsen af den pædagogiske vejledning har været baseret på omfattende litteratur og fremlæggelser til kommentering af internationale kapaciteter inden for området og med en udpeget matematikvejleder til kommentering. Det var ikke en del af projektet at afprøve vejledningen i praksis. Derfor vil det efterfølgende være relevant at undersøge, hvordan den pædagogiske vejledning vil blive forstået og taget imod på skolerne og hos matematiklærerne, samt hvordan brugen af den pædagogiske vejledning har indflydelse på elevernes motivation og læring.

## 1.4/ Afsluttende

Ved projektets start forventede vi, at der var eksisterende test, vi kunne anvende i større omfang, end det viste sig muligt. Men vi har måttet konstatere, at ingen færdige eksisterende test er i dansk kontekst, og ingen er præcise nok til den smalle definition på talblindhed. Vi havde desuden forventet at anvende en simpel digital løsning, hvilket viste sig ikke at holde. Derfor er der opstået forsinkelser, og projektet nåede ikke at have testbatteri klar tidsnok til at nå at afprøve testbatteriets prædiktive værdi i et ellers planlagt 2-årigt følgestudie.

Ikke desto mindre er projektets produkter udviklet og har undergået en række afprøvninger i forskellige testeksperimenter, ligesom testbatteriet er standardiseret i forhold til danske 4.-klasse-elever. Dette beskrives detaljeret i rapporten.

Vi må konstatere, at projektets produkter har præliminær karakter og ikke udgør en fuldgyldig national test. Projektet leverer værktøjer og vidensgrundlag, som er egnet til at indhøste danske erfaringer og resultater i en efterfølgende tidsperiode. Vi anbefaler en tidsperiode på 3 år.

I den videre del af denne tekniske rapport redegøres nærmere for definitioner og forskningsresultater, som projektet bygger på. Med rapporten er der mulighed for, at interesserede kan få indblik i teorier, metodologi og undersøgelsesdesign. For at gøre det muligt at læse kun dele af rapporten med udbytte, er der gentagelser af væsentlige pointer flere steder i rapporten. Rapporten dokumenterer den arbejdsproces, der er gennemgået under udviklingen af metoden til at identificere elever og under udviklingen af den pædagogiske vejledning.

Vi ønsker at understrege, at projektet alene har sat fokus på de årsagsforklaringer på læringsvanskeligheder i matematik, der knytter sig til neurologiske læringsudfordringer hos elever knyttet til tal og regning med tal. Der er således kun tale om en delmængde af de elever, som er i vanskeligheder i matematik, der er kun tale om en delmængde af faget matematik, som det optræder i folkeskolen, og spørgsmål om, hvorvidt der samtidig er andre diagnoser (dette betegnes som komorbiditet) er ikke undersøgt i projektet.

## 2.0 Læseguide

Denne afrapportering til Undervisningsministeriet beskriver afslutningsprodukterne af det 4-årige arbejde i udviklingen af talblindhedstesten og den udviklingsproces, der har ført frem til produkterne. Heri præsenteres baggrund og motivation i et forskningsperspektiv omkring projektet. Det har vi fundet relevant at gå i dybden med, idet talblindhed er et fænomen, der stadig ikke er enighed om, og idet viden og erfaringer på området er begrænset, både nationalt og internationalt.

For at man kan læse blot dele af rapporten med udbytte, er der gentagelser af vigtige pointer flere steder i rapporten.

Det foregående kapitel 1 giver en opsummering af projektet.

I kapitel 3 oplister vi en række termer og begreber, der anvendes inden for området, og vi giver en kort beskrivelse af dem. Det kan bruges til at slå op i under læsningen af rapporten.

Kapitel 4 beskriver projektets baggrund i dansk uddannelsespolitik, og det præciseres, at talblindhedsprojektet omhandler en særlig gruppe elever blandt elever, der oplever vanskeligheder i matematik.

Kapitel 5 præsenterer, hvordan talblindhed forstås i form af internationale definitioner samt projektets egen definition af talblindhed.

Kapitel 6 præsenterer projektets formål og mål om at udvikle værktøjer til at identificere elever i 4. klasse i risiko for talblindhed og til at støtte disse elever.

Kapitel 7 oplister de samlede produkter, som projektet har resulteret i, fra tidlig observation, testbatteri, testvejledninger til pædagogisk vejledning.

Kapitel 8 præsenterer metodologi på baggrund af vidensgrundlaget i international forskning og erfaringer fra konkrete samarbejder med forskere og praktikere.

Kapitel 9 tydeliggør testbatteriets opbygning, som metaforisk betegnes og illustreres som en tragtmodel, der gradvist afskærer eller udskiller elever, som ikke er i risiko for talblindhed. Tragtmodellen består af fire tragte, hvor eleven vil komme videre til næste tragt eller udgå, afhængigt af om eleven identificeres som i risiko for talblindhed eller ej. Elever med talblindhed udgør efter projektets definition 1-2 %.

Kapitel 10 beskriver observationsguidens udvikling og indhold (første tragt).

Kapitel 11 går i dybden med den digitale test (anden tragt) og teoribaggrunde herfor.



Kapitel 12-13 giver tekniske beskrivelser af den digitale tests udvikling gennem fire faser. Faserne beskrives med indhold og baggrund, mål, resultater og efterfølgende behov for justeringer.

Kapitel 14 beskriver samtaletestens udvikling i tre faser med afprøvninger og justeringer.

Det må bemærkes, at processerne, der beskrives i kapitlerne 10-14 er foregået parallelt i projektforløbet.

Kapitel 15 omhandler begrundelser og konkret inddragelse af Pædagogisk Psykologisk Rådgivning, PPR.

Kapitel 16 beskriver udviklingen af pædagogisk vejledning.

Kapitel 17 samler overvejelser over testbatteriets gyldighed og pålidelighed.

Endelig angives referencer som kapitel 18. Først angives referencer hørende til indeværende rapport, og derefter angives referencer anvendt i forbindelse med udarbejdelse af pædagogisk vejledning.

I tilknytning til denne rapport forefindes 12 bilag med dokumenter fra forløbet. Her indgår tre informationsbreve til skoler, som har været behjælpelige med afprøvninger undervejs. Konkrete vejledninger til de lærere, der har forestået afprøvningerne, udgør fire bilag. Yderligere fire bilag angår spørgeskemaer til lærerne om deres erfaringer fra afprøvningerne, mens det sidste bilag er en aftale om behandling af data fra afprøvningerne.

Vi understreger, at der i rapporten er gentagelser af væsentlige pointer. Vi håber, at dette gør det muligt at læse enkelte dele af rapporten med udbytte.

## 3.0 Terminologi

Nedenstående liste indeholder termer, som vi har udvalgt specielt til dette projekt. Fx 'digital test' og 'samtaletest' for at signalere testenes medie og måden testene foretages på. Vi håber, dette afsnit afklarer og gør termene tydeligere. Listen indeholder også termer fra projektet, hvor der på dansk hverdagssprog kan være tvetydighed.

**Automatisere tal, antal og størrelser:** Udtrykket indgår i projektets definition på talblindhed. At have opnået en automatisering af tal, antal og størrelser vil sige, at man hurtigt og mere eller mindre ubevidst kan fremkalde det tal, man ønsker. Det kan indebære at fremkalde sig tal, antal, størrelser, talrelationer, regning eller manipulering af tal.

Processen sker automatisk, hurtigt og uden besvær; hvilket også kaldes retrieval. Hjernens arkitektur er skabt, så vores tankeprocesser foregår på to forskellige måder, Dual Process Theory, DPT (Kahneman, 2011; Evans & Frankish, 2009). De to måder at tænke på er henholdsvis hurtig, automatisk og ubevidst, mens den anden er langsom, kontrolleret og bevidst. Man skifter hele tiden mellem disse to tankemåder, alt efter hvor fortrolig man er med opgaven. På engelsk har man udtrykket 'to be fluent in calculation and numerical magnitude processing', og det anses for at være vigtigt for at blive 'fluent', at man har automatiseret tal, størrelser og antal. Det er blevet formuleret således: 'In order to be fluent in calculation and numerical magnitude processing, it is important to be able to access the semantic meaning of numerical symbols effortlessly and quickly' (Bugden & Ansari, 2011, s. 33 med henvisning til Tzelgov, 1997).

**Definition af talblindhed i dette projekt.** Talblindhed defineres i dette projekt som en læringsudfordring, der er påvirket af en specifik neurologisk udviklingsforstyrrelse, og som kan have forskellige udtryk, men som ikke primært kan forklares på baggrund af generelle indlæringsvanskeligheder, mangelfuld undervisning, psykologiske eller sociologiske årsager. Talblindhed omfatter vanskeligheder ved at automatisere tal, antal og størrelser samt fastholde og anvende aritmetiske færdigheder.

Projektets definition af talblindhed indbefatter også, at elevens læringsvanskeligheder primært er vanskeligheder med tal og regning med tal.

**Den digitale test.** En elektronisk webbaseret test bestående af fire deltest. Testlæreren er til stede, når eleven allerførst ser introduktionsvideoer på skærmen, hvor opgavetyperne forklares, og selv prøver på skærmen at løse tre prøveopgaver af hver type. Testlæreren er også til stede, når eleven i selve testen løser så mange opgaver som muligt. Der er en afgrænset tid på to minutter per deltest, og visse enkeltopgaver er hver især også på afgrænset tid. Om

eleven skal videre til samtaletesten bestemmes af, om eleven opnår scorerer på maksimalt cut-off-score i tre eller fire deltest.

**Dyskalkuli.** Vi anvender betegnelsen talblindhed, som er synonymt med dyskalkuli. På engelsk anvendes betegnelsen Developmental Dyscalculia – forkortet til DD. Det engelske udtryk understreger, at der kan ske udvikling gennem livet, så udtryk og betydning af talblindhed ændrer sig.

**Observationsguiden.** En guide for lærerens observationer og vurdering af en elev med 39 udvalgte punkter inden for syv kategorier, blandt andet tal og tælling, addition og subtraktion samt elevadfærd, oplevelser og holdning. Observationsguiden er et redskab, til at matematiklærere på et kvalificeret grundlag med systematisering af kendetegn kan indstille, om en elev skal videre i talblindhedstestbatteriet.

**Samtaletesten.** En test som foretages af eleven sammen med en testlærer. Her indgår en række opgaver, som gives og besvares mundtligt eller skriftligt på papir. Testlæreren noterer elevens mundtlige svar. Opgaverne ligger inden for fire kategorier: talsymboler og ordning, positionssystem og ordning, regning med tal, matematik i hverdagen. I alt indgår i samtaletesten 18 forskellige opgavetyper, hvor eleven bliver vurderet ud fra rigtighed og anvendte strategier.

**Talblindhedstestbatteriet.** Betegnelsen for den samlede test med fire tragte: observationsguide, den digitale test, en samtaletest og en PPR-vurdering. Talblindhedstestbatteriet vil for læsevenlighedens skyld også blive omtalt som testbatteriet eller talblindhedstesten.

**Talsans, talforståelse.** Talsans er sans for størrelser. Vi bliver født med en talsans, som giver os evnen til at skelne mellem forskellige antal (Dehaene, 1997), og denne evne findes også hos andre arter i dyreriget. Talforståelse er forståelse af sammenhæng mellem størrelse, talsymbol og mundtligt talnavn, tallenes positionssystem samt forståelse for brug af tal i forskellige regnealgoritmer og deres fortolkning.

Men bør være opmærksom på, at termen 'number sense' i engelsksproget litteratur optræder i to forskellige betydninger. Den ene betydning er i matematikdidaktisk litteratur, hvor termen 'number sense' bruges til at angive talsans og talforståelse og ikke skelner mellem dem. Den anden betydning er i neurokognitiv litteratur, hvor termen 'number sense' kun angiver talsans (Ejersbo, 2016).

**Talsymbol.** Når projektet refererer til talsymbol, angår det elevernes aflæsning, skrivning og forståelse af de arabiske tal, fx 1, 2, 3 som symboler for kvantiteten af mængden.

**Test.** I projektet er flertalsformen af test også 'test'.

**Testlæreren.** En matematikkyndig lærer fx matematikvejlederen på skolen, som varetager gennemførelsen af talblindhedstesten. Det er centralt, at testlærer for den digitale test og samtaletesten har tilstrækkelig gode faglige kompetencer inden for områderne matematikvanskeligheder og den tidlige talforståelse. Testlæreren skal være bevidst om, hvordan man agerer under test, og om at en testsituation har en hel anden karakter end en undervisnings-situation. Derudover skal testlæreren have kommunikative, anerkendende og empatiske færdigheder, som muliggør en samtale i børnehøjde. Testlæreren skal sikre, at lokalet er uden forstyrrelser. Inden testningen skal testlæreren have sat sig grundigt ind i talblindhedstesten og have læst de tilhørende testvejledninger.

**Tragtmodellen.** Tragtmodellen er den metafor og term, der anvendes til at beskrive talblindhedstestens afskæringsmekanismer. Tragtmodellen har fire tragte: observationsguiden, den digitale test, samtaletesten og PPR-vurderingen. Eleven vil i løbet af tragtene blive sendt videre som værende i risiko for talblindhed eller blive valgt fra som ikke-talblind. Det kan ikke udelukkes, at fravalgte elever kan have andre matematikvanskeligheder af andre grunde, som kræver opmærksomhed. Det er først efter alle fire tragte, at eleven identificeres som talblind.

## 4.0 Baggrund

Baggrunden for projektet var et politisk ønske om at skabe betingelser for målrettede indsatser i folkeskolen. Indsatser til støtte for nogle af de elever, der ellers ved folkeskolens afslutning ville stå med svage matematikfærdigheder, der kunne begrænse mulighederne for at gennemføre en ungdomsuddannelse.

I ministeriets formulering om baggrunden lød det i 2014 således:

Mellem 15 og 17 pct. af eleverne forlader i dag folkeskolen uden tilstrækkelige læse- og matematikfærdigheder. Grundlæggende færdigheder i dansk og matematik har stor betydning for elevernes muligheder for efterfølgende at gennemføre en ungdomsuddannelse.

I satspulje fra 2012 er afsat midler til en tidlig indsats i forhold til ordblindhed, talblindhed og sprogforståelse.

Aftalen om et fagligt løft af folkeskolen fra juni 2013 indeholder desuden både tiltag til en generel styrkelse af elevernes læring og faglige niveau, herunder særligt i bl.a. matematik, og til en målrettet indsats for elever med talblindhed.

Som et par eksempler på studier, der påviser, at matematikfærdigheders betydning rækker udover selve skolegangen, kan nævnes Ritchie & Bates' britiske langtidsstudier om færdigheder målt som barn og socioøkonomisk status som voksen (2013) og Agarwal & Mazumder's studier af matematikfærdigheder målt hos amerikanske unge sammenholdt med deres valg som voksne af betalingskort og låneformer (2013).

Det er hensynet til talblinde menneskers liv i og uden for skolesystemet, der har været klangbund for projektgruppens engagement i projektet, og vi har stræbt omhyggeligt efter at finde et behørigt balancepunkt, således at den udviklede metode ikke udpeger alt for mange eller alt for få.

Internationalt er der nemlig ikke etableret konsensus om, hvor stor en andel elever, der med rette kan angives som talblinde, hvor stor en andel, der har andre vanskeligheder med matematik, og hvordan man teoretisk og empirisk bør sætte skellet mellem talblindhed og vanskeligheder af andre slags. Der eksisterer derfor ikke ÉN anerkendt manual for, hvor stor andelen er, eller ÉN anerkendt metode til identifikation. Mange forskere og praktikere arbejder ud fra forskellige teorier og perspektiver med fænomenet. For fuldstændighedens skyld må vi også nævne, at der er forskere og praktikere, der ikke anerkender, at talblindhed skal testes inden for uddannelsessystemet, hvilket Engström (2009) gav udtryk for.

Ann Dowker formulerede det i 2015 på denne måde:

Clearly, there is much more research to be done on the definition of dyscalculia and how it fits into the larger group of children with mathematical difficulties and the broad range of arithmetical abilities.

Som eksempel på angivelse af andelens størrelse kan vi nævne, at Geary (2006) angav at 3-8 % havde talblindhedskendetegn, men at omtrent halvdelen af dem også havde forsinket læseudvikling eller dysleksi, og at mange også havde opmærksomhedsproblemer. Komorbiditet, hvor der udover talblindhed er en eller flere yderligere vanskeligheder, må der også tages stilling til i forbindelse med at udvikle en metode til identifikation og hjælp til talblindhed. Forskning tyder imidlertid på, at det ikke hjælper på talblindhedsproblemer at afhjælpe de andre vanskeligheder. Som eksempel på disse studier kan vi nævne Ashkenazi & Henik (2012). De viste, at når talblinde, der også har opmærksomhedsproblemer, deltager i træning i opmærksomhed, så hjælper det på opmærksomhed, men ikke på talblindheden, altså opfattelse af størrelser, talbehandling og aritmetik. Studiet omhandlede voksne, der som børn var identificeret som talblinde ud fra Rubinsten & Henik (2005, 2006) med et omfattende testbatteri fra Shalev, Manor, Kerem, Ayali, Basichi, Friedlander, Gross & Tsur (2001). Også på spørgsmålet om komorbiditet er forskningen i sin vorden, og der er behov for yderligere opmærksomhed og undersøgelser.

Vi kan tilføje, at engelsksprogede artikler også anvender betegnelsen indlæringsvanskeligheder eller indlæringshandicap i matematik, Mathematics Learning Disabilities, forkortet MD eller MLD. Også for MD/MLD angives forskellige andele. Fx angav Geary & Hoard (2005) at man mest typisk havde identificeret MD/MLD-elever ud fra en cut-off-score i standardiserede matematiktest på 25-30 percentilen og uden målte intelligensmæssige problemer. Som et andet eksempel angav Murphy, Mazzocco, Hanich & Early (2007), at identifikation af MD-elever i de fleste studier anvendte en cut-off-score i standardiserede matematiktest; men at cut-off-scoring varierede i de forskellige studier helt fra 5-percentilen til 46-percentilen (s. 469). I de senere år har der været tendens til, at studier har anvendt mere strikse kriterier og med mindre andel elever til følge, end tidligere studier gjorde som fx Geary, Hamson, & Hoard (2000) og Hanich, Jordan, Kaplan, & Dick (2001). Senere er en cut-off-score på 15-percentil blevet anvendt af Rousselle & Noël (2007) og af De Smedt & Gilmore (2011), og der blev anvendt 10-percentil af Mazzocco, Feigenson & Halberda (2011).

Vi ønsker som baggrund at understrege to forhold:

Det ene forhold er, at talblindhed er et fænomen, der stadig er en vis usikkerhed omkring. Dette afspejler sig i forskningsartikler og i håndbøger (Kadosh & Dowker, 2015; Chinn, 2015; Fritz, Haase & Räsänen, 2018). Forskning i talblindhed er øget de seneste år, men den er

stadig langt mindre end forskningen i ordblindhed. En del af projektet handlede på den baggrund om at give en aktuel dansk bestemmelse af talblindhed set i sammenhæng med, hvordan fænomenet aktuelt behandles i andre lande.

Det andet forhold angår, at det i dansk matematikdidaktisk forskning og uddannelse er almindeligt at henvise til Arne Engströms teori, om at årsager til matematikvanskeligheder hos 15-17 % findes både som psykologiske, sociologiske, didaktiske og neurologiske (Engström, 2000; Lindenskov, 2006). Derfor vil vi understrege, at dette projekt retter sig mod 1-2 % og ikke mod alle de *15 og 17 pct. af eleverne, (der i dag) forlader (...) folkeskolen uden tilstrækkelige læse- og matematikfærdigheder* (citatet ovenfor), og som omtales som værende i matematikvanskeligheder. Men det er vores håb, at en opmærksomhed på og en viden om den smalle gruppe med talblindhed også kan blive et enzym for opmærksomhed på den brede gruppe med matematikvanskeligheder.

## 5.0 Projektets definition af talblindhed

Projektets udgangspunkt har været definitionen fra SFI ved Steen Bengtsson og Lena Bech Larsens review om talblindhed. Heri beskrives følgende definition på talblindhed:

Dyskalkuli er en funktionsnedsættelse, der kan have negativ indvirkning på den berørtes uddannelses- og arbejdsliv. Tilstanden drejer sig om tilbagestående regnefærdigheder, som ikke modsvares af tilsvarende tilbagestående færdigheder på andre felter.

De specifikke regnevanskeligheder omfatter påfaldende vanskeligheder med at forstå og håndtere basal talbehandling, såsom at sammenligne tal og antal i mængder eller tælle små antal genstande. I forlængelse heraf er der påfaldende vanskeligheder ved addition, subtraktion, multiplikation og division. Tilstanden omfatter ikke nødvendigvis vanskeligheder med mere abstrakte matematiske færdigheder i algebra, trigonometri, geometri og komplekse beregninger. Vi taler ikke om dyskalkuli, hvis baggrunden for vanskelighederne er mental retardering eller mangelfuld skolegang. Dog kan tilstanden omfatte kognitive problemer som mangelfuld semantisk hukommelse og arbejdshukommelse. (2013, s. 17).

Det har været projektets opgave at kommentere denne definition fra Bengtsson og Larsen og om nødvendigt give en selvstændig definition. Projektet har derfor opereret med en række arbejdsdefinitioner, der er blevet stadfæstet på bestemte tidspunkter i projektforsøget.

Vi har valgt at udelade sidste del af Bengtsson og Larsens definition om semantisk hukommelse og arbejdshukommelse. Vi er enige i, at der ikke er tale om *dyskalkuli, hvis baggrunden for vanskelighederne er mental retardering eller mangelfuld skolegang.*

Hvis hovedårsagen til elevens lave præstationer er relateret til generelle indlæringsvanskeligheder, så opfattes det som primær årsag, og eleven indgår derfor ikke i diagnosen for talblindhed. Mental retardering er der metoder hos PPR til at detektere. I udviklingsprocessen har det været en del af fjerde tragt, nemlig PPR-vurderingen. Men fremover kunne det også overvejes at gennemføre detektion af mental retardering eller andre generelle læringsudfordringer inden testbatteriets første tragt eller samtidig med første tragt.



Andre vanskeligheder kan også være erkendte allerede eller blive erkendt. Eksempelvis gælder det for ordblindhed, at nogle elever er talblinde og ikke ordblinde, nogle elever er ordblinde og ikke talblinde, og nogle elever er begge dele.

Mangelfuld skolegang er vanskelig at afgrænse, og en del udredninger om skoleforhold viser ringe fokus på en specifik faglighed som matematik (se f.eks. Lindenskov, 2012). Det kan være let at konstatere mangelfuld skolematematik, hvis en elev i et særligt skoletilbud ikke har haft matematik på skemaet, eller hvis eleven har været meget fraværende fra skolen. Men mangelfuld undervisning som ringe didaktisk gennemførelse, og uden det er tilpasset eleven, dokumenteres ikke.

Det er tydeligt fra forskningen, at såvel deklarativ/semantisk langtidshukommelse som procedural langtidshukommelse og arbejdshukommelse kan komme til udtryk i matematisk problemløsning, ligesom besvær med verbal symbolsk repræsentation eller sekventiel og rumlig opmærksomhed kan gøre det. Dette indgår imidlertid ikke i vores definition.

**WHO har følgende definition i International Classification of Diseases (ICD 11) Classification of mental and behavioural disorders, 6A03 Developmental learning disorder fra 2018:**

Developmental learning disorder is characterized by significant and persistent difficulties in learning academic skills, which may include reading, writing, or arithmetic. The individual's performance in the affected academic skill(s) is markedly below what would be expected for chronological age and general level of intellectual functioning, and results in significant impairment in the individual's academic or occupational functioning. Developmental learning disorder first manifests when academic skills are taught during the early school years. Developmental learning disorder is not due to a disorder of intellectual development, sensory impairment (vision or hearing), neurological or motor disorder, lack of availability of education, lack of proficiency in the language of academic instruction, or psychosocial adversity.

**American Psychiatric Association (APA) har følgende definition i Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5) fra 2013.**

Specific learning disorder is diagnosed through a clinical review of the individual's developmental, medical, educational, and family history, reports of test scores and teacher observations, and response to academic interventions. The diagnosis requires persistent difficulties in reading, writing, arithmetic, or mathematical reasoning skills during formal years of schooling. Symptoms may include inaccurate or slow and effortful reading, poor written expression that lacks clarity, difficulties remembering number facts, or inaccurate mathematical reasoning.

Projektets endelige definition lyder:

Talblindhed er en læringsudfordring, der er påvirket af en specifik neurologisk udviklingsforstyrrelse, som kan have forskellige udtryk, men som ikke primært kan forklares på baggrund af generelle

indlæringsvanskeligheder, mangelfuld undervisning,

psykologiske eller sociologiske årsager.

Talblindhed omfatter vanskeligheder ved at automatisere tal, antal og størrelser samt fastholde og anvende aritmetiske færdigheder.

#### **Boks 1 Definition på talblindhed**

Projektets definition af talblindhed indbefatter også, at eleven ikke har andre faglige problemer end arbejdet med tal.

## 6.0 Formål og mål for projektet

Formålet har været – gennem udvikling af test af talblindhed og af pædagogiske vejledning – at bidrage til, at alle børn deltager i matematiklæring, der fører til tilstrækkeligt og bedst muligt udbytte, engagement og faglig selvtillid. I ministeriets formulering i 2014 lød det:

Udvikling af en test af talblindhed og elektroniske vejledninger til den opfølgende indsats har til formål at sikre en tidlig målrettet indsats i forhold til inklusion af elever med talblindhed i den almindelige undervisning.

Målet har været at udvikle værktøjer, som kan anvendes i praksis. Det har drejet sig om et testbatteri, inklusive testvejledning til gennemførelse og administration heraf på skolerne og en pædagogisk vejledning til anvendelse på skolerne og til støtte for kommunerne.

Som det fremgik af udbudsmaterialet, vil Undervisningsministeriet stille disse værktøjer gratis til rådighed for kommuner og skoler via ministeriets hjemmesider.

I ministeriets formulering i 2014 lød det:

Skolen skal udfordre alle elever, så de bliver så dygtige som de kan.

Det stiller krav om, at der i planlægningen og gennemførelsen af den gode vidensbaserede undervisning er fokus på elevgruppens mangfoldighed af forudsætninger og færdigheder, og at der er viden om evidensbaserede undervisningsmetoder, der kan sikre alle et fyldestgørende undervisningstilbud i et inkluderende læringsmiljø.

Oplysningen om, at en elev er talblind, kan give et fokus i arbejdet med det inkluderende læringsmiljø, så eleven får en målrettet undervisning.

En standardiseret talblindhedstest vil kunne støtte op om kommunernes bestræbelser på at give elever med talblindhed et fyldestgørende undervisningstilbud, så de får mulighed for at gennemføre en uddannelse. En forudsætning herfor er, at vanskelighederne identificeres så tidligt som muligt i skoleforløbet.

## 7.0 Oversigt over projektets produkter 2018

Projektets leverance udgøres af følgende produkter:

- Samlet testbatteri bestående af en observationsguide, en digital test, en samtaletest samt afprøvning af PPR-vurdering af mulige generelle indlæringsvanskeligheder. Da den digitale test har mangler i den digitale løsning, afleverer projektet en systembeskrivelse med konkrete screenshots og skitser samt beskrivelser af integrationer og informationer om databeskyttelse med en liste over dele, som yderligere skal udvikles og ændres i den nuværende udgave.
- Det bemærkes, at observationsguiden til iagttagelse af elever med henblik på at udpege risikoelever sikrer, at ikke alle elever tilbydes den digitale test osv.
- Testvejledninger.
- En pædagogisk vejledning til forebyggende og tidlig indsats samt konkrete indsatser til elever, der er konstateret talblinde.
- Lydfiler af udførte samtaletest til brug i vejledning af testlærere.
- Afrapportering (indeværende rapport).
- Forskningsdata samt databehandleraftale.

## 8.0 Metodologi

Projektet har taget udgangspunkt i international forskning om fænomenet talblindhed og om testning til identifikation af talblindhed. Forskningen har gennem projektperioden været i hastig udvikling, men som tidligere nævnt må den stadig regnes for at være i sin vorden, uden tydelig konsensus om metode til identifikation og uden entydige resultater. Forskningsens datamateriale rummer uddybende data om et fåtal mennesker, til bestemte tidspunkter og gennem perioder, ligesom det rummer data om større stikprøver. Forskningens erkendelsesinteresse rummer både grundforskningsspørgsmål og praktiske spørgsmål.

Forskningen om talblindhed er meget lille. Igen vil vi henvise til Dowker (2015, s. 880), der formulerede:

Clearly, there is much more research to be done on the definition of dyscalculia and how it fits into the larger group of children with mathematical difficulties and the broad range of arithmetical abilities.

I ministeriets formulering 2014 lød udgangspunktet for projektet således:

Undervisningsministeriet baserer udviklingen af en test af talblindhed på en forståelse af talblindhed som en indlæringsvanskelighed, der kan identificeres og afgrænses på et forskningsmæssigt forankret grundlag af viden. Dette vidensgrundlag er tilvejebragt via en forskningsoversigt udarbejdet af SFI i 2013, 'Talblindhed – en forskningsoversigt' (Bengtsson & Larsen, 2013).

Dette vidensgrundlag har det i projektforsløbet vist sig nødvendigt at præcisere, vurdere og udvide. Vi har sammenlignet andre test, analyseret forskningslitteraturens hovedopfattelser og diskussioner og forholdt dette til det pragmatiske formål med projektet, nemlig at udvikle testmetode og pædagogisk vejledning, som kan anvendes i 4. klasse i dansk skole nu.

Men da forskningen stadig er umoden, og da projektet ikke nåede at have testbatteriet klart tidsnok til at nå de forventede 2-års-opfølgninger, så må vi konstatere, at projektet leverer værktøjer og vidensgrundlag, som er egnet til at indhøste danske erfaringer og resultater i en efterfølgende tidsperiode, hvor vi anbefaler en tidsperiode på tre år.

Projektets udviklede værktøjer bygger på det, der er størst konsensus om i forskningen. Der er i forskerkredse enighed om en række kendetegn, der kan observeres på adfærdsniveau, og som har at gøre med alvorlige læringsvanskeligheder inden for tal og aritmetik på trods af normale funktioner inden for andre skolefag (Butterworth, Varma, Laurillard, 2011; Henik, Rubinsten, Ashkenazi, 2015 blandt flere).

Der er også enighed om, at gruppen af mennesker, der udviser disse kendetegn er alt andet end homogen – faktisk temmelig heterogen (Träff, Olsson, Östergren & Skagerlund, 2017). Sammensætningen af kendetegn kan variere fra person til person, og der kan være meget forskellige årsager til at udvise disse kendetegn, så ikke alle med kendetegnene opfattes ifølge vores definition som talblinde. Almindeligvis opdeler man årsager til læringsvanskeligheder i matematik som neurologiske, psykologiske, sociologiske og didaktiske (Engström, 2000), og kun neurologiske falder ind under vores definition.

Vores definition og metodologi bygger på forskningslitteraturens indhold og beskaffenhed. Inden projektets start fandtes der ikke nogen data om talblindhed på repræsentativt udvalgte stikprøver i Danmark, og der var ikke nogen erfaring med at anvende specifikke test for talblindhed i aldersgruppen på 4. klasses trin, som testbatteriet skulle rette sig mod. Det var derfor nødvendigt at undersøge aldersgruppens reaktion på de specifikke testelementer. Projektet er forløbet i faser med en række eksperimenter, hvor udvalg og tilpasning af testelementer er blevet afprøvet og justeret på baggrund af de indhøstede erfaringer og resultater ad flere omgange. Definitionen er tilsvarende blevet revideret undervejs efter de indhøstede erfaringer og resultater

Projektet bygger også på praksisviden og erfaringer fra Danmark og udlandet. Vi har interviewet børn, og vi har foretaget fokusgruppeinterviews og personinterviews med unge og voksne. De indsamlede vidnesbyrd fra unge og voksne, som tidligere er testet eller observeret til at have specifikke matematikvanskeligheder, eller hvor personen opfatter sig selv som værende talblind, er blevet analyseret og anvendt som baggrund i udvikling af både samtaletest og pædagogisk vejledning. Interviews med 4.-klasse-elever viste nemlig, at de ikke har stor sproglig kapacitet til at formulere sig om deres matematiklæring. Til gengæld har vi udnyttet, at unge og voksne evne til at formulere sig om deres oplevelser gennem livet af fænomenet talblindhed – herunder deres erindringer fra grundskolen – er langt større og dækker bredere områder end det, interviews med børn i 4. klasse giver indblik i.

Observationsguiden er således udviklet på baggrund af fokusgruppeinterviews med de nævnte unge og voksne og på baggrund af observationer af elever med dyskalkulirisiko ud fra Chinns forskning og erfaring med sin diagnosticeringsmetode. Der er desuden anvendt resultater fra interviews med elever fra ti fjerdeklasser i en kommune og fra en række interview med elever på yngste trin og mellemtrin, som var udpegede af matematikvejledere og lærere med en mulig talblindediagnose. Endelig er specifikke spørgemåder blevet justeret efter samtaler med matematikvejledere, der også var involverede i udvikling i samtaletesten.

Specifikt for udviklingen af pædagogisk vejledning gælder, at den bygger på indsamlet international forskning om pædagogiske indsatser for elever med talblindhed. I vores søgning i den internationale litteratur har vi anvendt følgende databaser:

**ERIC** (Education Resource Information Center), verdens største database om pædagogisk forskning. Databasen indekserer ud over tidsskrifter også bøger, abstracts, afhandlinger m.m.

**PsycInfo** (Psychology & Behavioral Sciences Collection), fra American Psychological Association er en database, der primært dækker psykologi med tilstødende fag som psykiatri, sociologi, sygepleje, uddannelse m.m. Databasen indekserer udover tidsskrifter også bøger, abstracts, afhandlinger m.m.

**Teacher Reference Center**, en mindre database, der giver adgang til cirka 300 peer-reviewed tidsskrifter inden for alle aspekter af undervisningsområdet.

**British Education Index** indeholder referencer til britiske tidsskrifter inden for uddannelses- og undervisningssektoren foruden et stort antal afhandlinger.

**Education Research Complete** fra det amerikanske undervisningsministerium dækker hele uddannelsesområdet meget bredt fra tidlig barndom til videregående uddannelser.

**PubMed**, en af de største sundhedsfaglige databaser, der findes. Denne er valgt for at supplere de andre baser i forhold til søgningen om neuropædagogik og matematikvanskeligheder.

Søgeord, som er anvendt i udviklingen af den pædagogiske vejledning, er "*dyscalculia*", "*Learning disabilities*", og derudover er søgningen indskrænket yderligere til artikler, der berører effekt af undervisningstiltag til 4. klasse niveau, og til tekster højst 10 år gamle. Disse søgekriterier endte ud i 116 tekster i alt til gennemgang for relevant anvendelse som baggrund for den pædagogiske vejledning.

Udover at anvende forskningslitteraturen har vi ved fremlæggelser og samtaler undervejs på konferencer og studiebesøg fået feedback til projektet fra forskere og praktikere i feltet.

## 9.0 Præsentation af tragtmodel og afskæringsmekanisme

Vi har konstateret, som nævnt tidligere, at forskningen ikke er nået til konsensus om, hvor stor en andel talblinde, der kan afgrænses. Mest stringens finder vi i en smal afgrænsning, hvor vi anslår en andel på 1-2 %. Ligeledes har vi konstateret, at der ikke er nået til konsensus om specifikke test til identifikation. Blandt eksisterende testsystemer er der ikke nogen, som i deres nuværende form er egnede til at blive anvendt i Danmark i 4. klasse, idet det matematikundervisningsrettede i disse test ikke er tilpasset dansk læseplan og undervisningskultur i 4. klasse, og idet de eksisterende testsystemer er for upræcise i forhold til vores definition.

Vores løsning på denne situation har været en smal definition og en tragtmodel, der udnytter elevens matematiklærers og/eller matematikvejleders erfaring med eleven i skolekonteksten (adfærdsniveau), og som anvender forskellige typer testopgaver samt PPR-ekspertise. Testopgaverne har vi udvalgt fra eksisterende test, eller vi har udviklet dem fra bunden af. Det udviklede testbatteri er standardiseret ud fra et repræsentativt udvalg af 4.- klasse-elever i DK.

Første tragt udpeger en gruppe elever, som tilbydes test i anden tragt. Anden tragt udpeger færre elever end første tragt, og disse tilbydes test i tredje tragt. Tredje tragt udpeger færre elever end anden tragt, og disse tilbydes test i fjerde tragt. Endelig udpegning foregår i fjerde tragt.

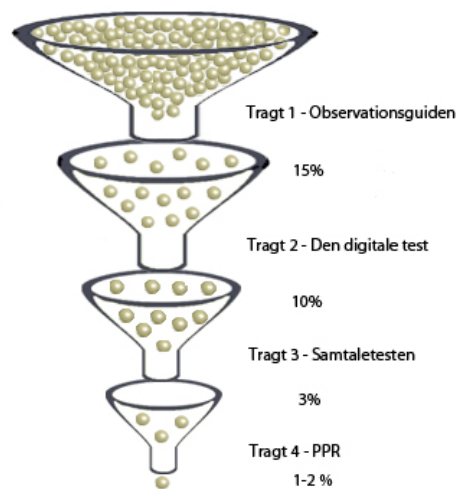
Teknisk formuleret er det hensigten, at tragt 1, 2 og 3 resulterer i falsk positive testhændelser, som gradvist skæres fra, og at tragt 1, 2 og 3 ikke resulterer i falsk negative testhændelser.

Første tragt baserer sig på matematiklæreres/matematikvejlederes selvstændige vurdering af elevernes faglige præstationer og trivsel i faget matematik. Anden tragt er konstrueret til at give indikationer på neurologiske problemer som rod til vanskeligheder med mængder og talsymboler. Tredje tragt giver indikationer på om de indikerede neurologiske problemer har betydning for elevens matematiklæring, eller om eleven har udviklet kompenserende strategier til sin matematiklæring. Fjerde tragt udpeger ved hjælp af PPR-vurdering talblinde elever.

Den anslåede andel talblindeelever, som testbatteriet udpeger er 1-2 %. Vi estimerer, at ca. 15 % på landsplan vil blive indstillet af deres matematiklærer til på baggrund af observatonsguiden, tragt 1, at tage den digitale test, tragt 2. Elever svarende til ca. 10 % af populatio-



nen af 4.-klasse-elever vil gå videre til samtaletesten, tragt 3. Af de elever vil der ske en reduktion svarende til ca. 3 % af årgangen, som vil gå videre til samtale med PPR, tragt 4, og derfra estimerer vi at lande på de ca. 1-2 % af årgangen, som vil blive diagnosticeret med talblindhed.



Figur 2 Tragtmodellen med procenter.

Samlet set er observationsguiden første tragt. Den er et værktøj til matematiklærerne til at udpege elever med tegn på risiko for talblindhed. Den identificerede elev går derpå videre til den første test (anden tragt), en kvantitativ test, som er en digital test, hvor eleverne skal løse så mange opgaver, de kan på tid i fire forskellige deltest. De elever, som maksimalt scorer de estimerede cut-off-scorer i tre eller fire deltest, går derpå videre til den næste testdel (tredje tragt), en kvalitativ samtaletest. Samtaletesten er kvalitativ, da den udføres som en samtaletest mellem eleven og en matematikkyndig testlærer. Den fjerde og sidste del af tragtmodellen består i, at elever udpeget af samtaletesten skal videre til PPR, som vil udelukke andre årsager som fx generelle læringsvanskeligheder til, at barnet har udfordringer i matematik. En endeligt udpeget elev betegnes som 'elev med talblindhed ifølge det anvendte testbatteris målinger'. Skolen får besked herom og anvender den pædagogiske vejledning til at støtte elevens matematiklæring. Vi anbefaler, at UVM sikrer, at anvendelse af testbatteri og efterfølgende støtte kan dokumenteres til erfaringsopsamling og evaluering efter tre år.

Fordi anden tragt, den digitale test, anvender opgaver med at sammenligne størrelser af mængder, at sammenligne mængdestørrelsen af talsymboler, at forbinde mængder og talsymboler og at håndtere relativt enkle additive strukturer, så har vi valgt at lægge vægt på, at opgaverne løses på tid. Derfor er det relevant, at disse opgaver præsenteres i digital form og ikke i papirform eller samtaleform.

Teknisk kan man sige, at vi benytter os af et forsigtighedsprincip, om at der i anden tragt identificeres så mange, at der formodes at være falsk positive blandt dem. Det vil sige elever, som udpeges fra testen, selv om de ikke er talblinde. Ligeledes søger vi at undgå falsk negative. Det vil sige undgå forekomst af talblinde elever, som ikke identificeres. Dette benytter vi os af, fordi der er forskningsresultater om, at talblinde elever fra alle kendte test ligger i et kontinuum: der kan være ikke-talblinde elever blandt meget lavt præsterende elever, og at der kan være talblinde elever, der præsterer bedre end nogle ikke-talblinde elever. Altså: det er en intention med tragtmodellens første tragte at udpege alle talblinde elever og også nogle elever, der ikke er talblinde.

Indholdsmæssigt giver tredje tragt ved hjælp af samtaleopgaver mulighed for at uddybe og supplere i forhold til vores definition af talblindhed, så betydningen i elevens hverdag i skolekonteksten afklares.

Samtaletesten kan afsløre falsk positive fra digitaltesten. Digitaltesten kan resultere i falsk positive, som har udviklet kompenserende strategier og opbygget kompenserende erfaringer, således at en ringe basal talsans og symbolforståelse ikke influerer på elevernes liv og læring i og uden for skolen. Samtaletesten kan afsløre det, når kognitive udfordringer hos falsk positive fra digitaltesten ikke kommer til udtryk i elevernes læring.

Tragtmodellen indebærer, at der efter observation af eleven er en test på digital form med akulturelle opgaver, som efterfølges af en kvalitativ test bygget op som en dynamisk samtaletest med elev og matematikkyndig testlærer. Fjerde og sidste tragt består af en PPR-vurdering af mulige generelle indlæringsvanskeligheder.

Tragtmodellen virker gennem en afskæringsmekanisme. Hvis matematiklærer/matematikvejleder ikke vurderer, at en elev er i risiko for talblindhed, så afskæres eleven fra at gennemføre videre testning. Hvis eleven i den anden tragt, den digitale test, får en score over cut-off-scoren, så afskæres eleven fra at gennemgå samtaletest. Hvis eleven i den tredje tragt, samtaletesten, opnår en score over cut-off-kriteriet, så afskæres eleven fra en PPR-vurdering.

Hvorvidt det er mere hensigtsmæssigt at placere en vurdering af generelle læringsvanskeligheder fx inden første eller anden tragt, vil vi anbefale bliver afgjort efter en evaluering af de første 2-3 år, hvor testbatteriet anvendes i praksis. Det må indtænkes, at der vil være flere elever til vurdering i de første tragte end i de sidste, så en PPR-vurdering ved en af de første

tragte giver flere omkostninger end ved de sidste tragte. At der kan opstå ventetid hos PPR må også indtænkes.

D. 5. januar 2018 blev afholdt et tværfagligt møde med fagfolk fra den specialpædagogiske sektor tilknyttet afdelingen for pædagogisk psykologi på DPU og med fagfolk fra PPR. De udmeldte alle en positiv feedback til den afskærende mekanisme i testbatteriet.

Samlende kan det om testbatteriet siges, at digital test omhandler mulige indikatorer for neurologisk funktionsnedsættelse, og at samtaletesten uddyber disse kendetegn knyttet til særlige vanskeligheder inden for tal og aritmetik og brugen af disse i hverdagssammenhænge i skolen. Observationsguiden lagt ind som første tragt sikrer, at der ikke bruges unødige ressourcer på at teste alle elever. PPR-vurderingen lagt ind som fjerde tragt sikrer, at elever med generelle vanskeligheder udelades fra at blive betegnet som talblinde.

Det er vigtigt at understrege, at testbatteriet ikke er en samlet screening af elevens matematiske præstationsniveau, men en afklaring af, om elevens testresultater kan bedømmes som udtryk for talblindhed.

## 10.0 Observationsguiden

Observationsguiden består af opmærksomhedspunkter, der er udvalgt som typiske kendetegn ved talblindhed.

Observationsguiden er udviklet på baggrund af egne interviews og Steve Chinns arbejder. Vi har foretaget fokusgruppeinterviews med unge og voksne, som tidligere er testet eller observeret til at have specifikke matematikvanskeligheder, eller hvor personen opfatter sig selv som værende talblind. Desuden har baggrunden været interviews med elever fra ti fjerdeklasser i en kommune samt en række interview af elever på yngste trin og mellemtrin, som var udpeget af matematikvejledere og lærere med en mulig talblindediagnose

Opgjort med antal dataenheder for danske børn og voksne udgør det empiriske grundlag for observationsguiden følgende:

5-6 cases med voksne fra Svendborgprojektet betragtet som talblinde

Samtaler med ca. 15 lærere, som udmeldte over for projektgruppen, at de havde formodede talblinde elever samt interview med eleverne.

Over 20 tidligere cases af voksne, som på symptomniveau havde samstemmende talblinde-træk og blev interviewet af projektgruppen.

Fokusgruppeinterview med seks formodede og selvdiagnosticerede talblinde voksne.

Samtaler med 20 elever fra ti 4. klasser. Eleverne var af deres lærer blevet opfattet som havende tunge vanskeligheder i matematik.

Specifikke spørgemåder i observationsguiden blev justeret efter samtaler om guiden med 10 matematikvejledere, der også var involverede i afprøvning af projektets samtaletest.

Observationsguiden har også baggrund i arbejder fra Storbritannien, hvor Steve Chinns observationsguide "More Trouble with Maths: A complete guide to identifying and diagnosing mathematical difficulties" (2017) er almindeligt anerkendt og anvendt i skolesystemet. Vi har ført opfølgende samtaler med udvalgte specialundervisningslærere i England om deres observationspraksis ved en diagnosticering af dyscalculia ud fra Steve Chinns observationsguide.

I projektets udarbejdede observationsguide er punkterne i guiden udvalgt ud fra hyppigheden af forekomster i Chinns guide og i de samtaler og interviews, vi selv har gennemført.

Eleverne observeres ud fra observationsguidens punkter og vurderes på en skala fra 1-3:

- 1 er meget sjældent

- 2 er af og til
- 3 er næsten altid.

Observationsguiden danner baggrund for, om klassens matematiklærer vurderer, at en elev bør gennemføre næste led i tragtmodellen. Vurderes punkterne til i gennemsnit at være mellem 2 og 3, kan der være grund til særlig opmærksomhed og gennemførelse af næste led i tragtmodellen.

Observationsguiden kan bruges fra ca. 2. klasse. Der er dog punkter, som kan være relevante i 4. klasse, men ikke synes rimelige på yngre klassetrin. I så fald springer man observationspunktet over.

## 11.0 Teoribaggrund for deltestene i den udviklede digitale test (tragt 2)

I dette kapitel præsenteres teoribaggrunden for den endelige udgave af den digitale test.

Träff, Olsson, Östergren & Skagerlund beskriver, at

Developmental Dyscalculia (DD) has long been thought to be a monolithic learning disorder that can be attributed to a specific neurocognitive dysfunction. However, recent research has increasingly recognized the heterogeneity of DD, where DD can be differentiated into subtypes in which the underlying cognitive deficits and neural dysfunctions may differ. The aim was to further understand the heterogeneity of developmental dyscalculia (2017, s. 1).

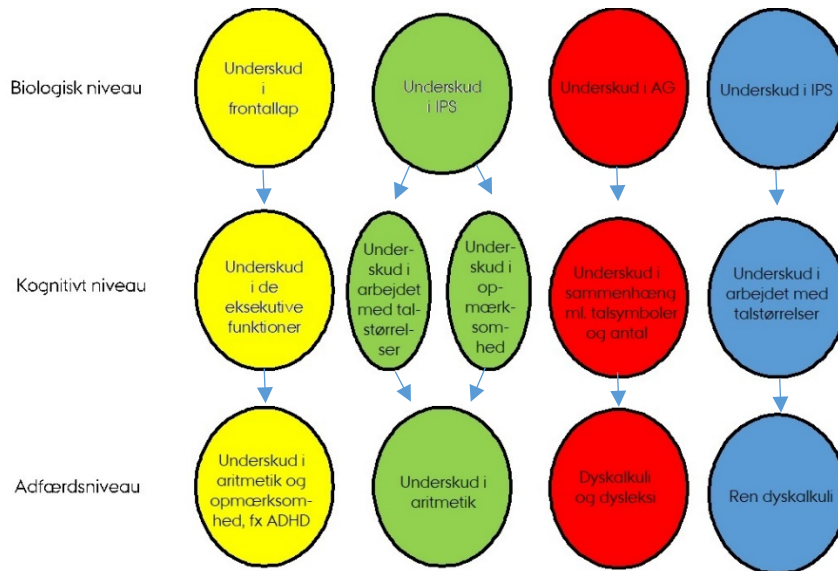
Dette resultat om heterogenitet går igen i mange forskningsartikler, selv når der rapporteres fra undersøgelser af kun meget få elever. Fx var der kun fire deltagere på 8-9 år i Träff et al. (2017).

Det er for at indfange heterogeniteten, at vores testbatteri består af flere elementer, der hviler på forskellige hypoteser om talblindhed.

Generelt bygger projektets testudvikling på:

- Oversigtsbøger og artikler, som fx Kaufmann & von Aster (2012)
- Artikler om specifikke forhold (se også referencelisten)
- Model af sammenhænge mellem biologisk niveau, kognitivt niveau og adfærdsniveau, som det ses hos fx Henik, Rubinsten & Ashkenazi (2015) og fx på det finske Lukimat-projekts hjemmeside.

Modellen af Henik et al. (2015, p. 664) viser, hvordan forhold i hjernen øver indflydelse på elevens læring:



**Figur 3 Sammenhæng mellem biologisk niveau, kognitivt niveau og adfærdsniveau (Henik et al., 2015, vores danske oversættelse).**

Modellen viser sammenhænge i det enkelte individ på et bestemt tidspunkt, og hvordan forhold i hjernen øver indflydelse på elevens adfærd.

Modellens pile peger nedad. Pilene peger ikke opad. Det symboliserer, at en bestemt adfærd ikke kan tilskrives nogle bestemte funktioner på det kognitive og biologiske niveau. Der kan være andre funktioner, der giver anledning til samme adfærd, men det ligger uden for teoriens og dette projekts rammer at uddybe.

Et eksempel fra modellen i figur 3 viser, at en dysfunktion i IPS (Intraparietal sulcus) på det biologiske niveau – i form af færre grå celler eller en direkte skade – medfører, at det på det kognitive niveau er svært at bestemme, i hvilken af to mængder der er flest eller færrest items. På det adfærdsmæssige niveau kan det fremstå som en bestemt adfærd, som der er forskningsmæssigt belæg for ikke er fremmede for læring i skolens matematikundervisning, men giver barrierer for den. Denne adfærd kan identificeres med en deltest i tragt 2.

Et andet eksempel fra modellen viser, at en dysfunktion i AG (angular gyrus) i form af færre grå celler eller en direkte skade medfører, at det på det kognitive niveau er svært at koble semiotiske talsymboler til en bestemt antalsstørrelse. På adfærdssiden viser det sig som problemer med at læse og forstå bogstavtekst og/eller med at læse og forstå talsymboler. Det kan identificeres med nogle af deltestene i tragt 2.

Et tredje eksempel fra modellen viser, at en dysfunktion i IPS også kan afstedkomme problemer med opmærksomhed, som igen kan vise sig i en adfærd med store problemer med at koncentrere sig, hvilket kan gøre det besværligt at arbejde med aritmetik. Det kan give sig udtryk i langsommelighed og fejlsvar i nogle af deltestene i tragt 2.

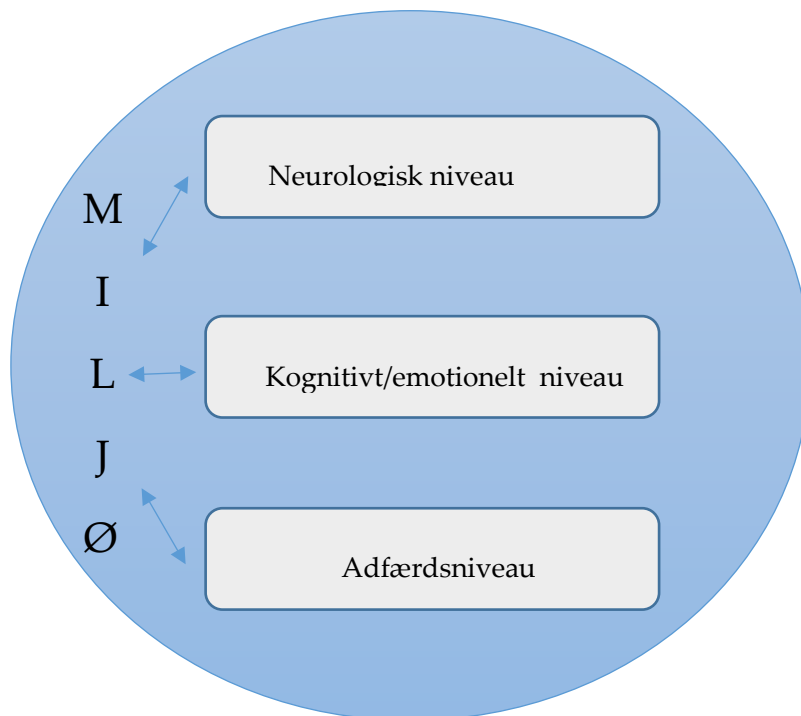
De to sidste af de tre eksempler uddybes ved hjælp af eventuel efterfølgende samtaletest og eventuel efterfølgende PPR-vurdering.

Et fjerde eksempel fra modellen i figur 3 viser, at en dysfunktion i frontallapperne viser sig som store problemer i forhold til de eksekutive funktioner. De eksekutive funktioner er defineret som evnen til at regulere sin igangværende målrettede adfærd i forhold til omgivelserne, evnen til at formulere, planlægge og udføre samt at kontrollere egen adfærd på en fleksibel måde. På adfærdssiden kan det give sig udtryk i store problemer med områder, der kan kræve stor opmærksomhed, og det ses fx ofte hos mennesker med ADHD. Disse problemer med eksekutive funktioner kan give sig udtryk i langsommelighed og forkerte svar i digitale deltest i tragt 2 og i samtaletesten i tragt 3, hvor de aritmetiske opgaver stiller krav om at udføre mange tankeoperationer efter hinanden. Komorbiditet kræver årvågenhed i fremtidige projekter, fx komorbiditet af vores definerede talblindhed og ADHD. Ift. Komorbiditet har det ikke ligget inden for projektets rammer at give en selvstændig undersøgelse, komorbiditet kan ikke afgøres alene ud fra den digitale test og samtaletest, og den pædagogiske vejledning er ikke designet til også at dække komorbiditet med fx ADHD. Dette er en af baggrundene for at anlægge et forsigtighedsprincip og for at anbefale en eventuel efterfølgende PPR-vurdering, hvor det kan uddybes på forsvarlig måde.

Samlet set fremgår det, at hvis man kun anvender én bestemt testform, så vil det ikke umiddelbart være muligt at skelne mellem forskellige mulige årsager til den iagttagede adfærd, og altså afgøre om personen er talblind eller ej efter projektets definition. Den enkelte tragt kan ikke stå alene, og derfor består det udviklede testbatteri af flere tragte, hvor hver tragt skærer nogle elever fra, og resten af eleverne tilbydes at gennemgå testbatteriets næste trin i form af næste tragt.

Modellen i figur 3 viser kun forhold i det enkelte individ. Men det er oplagt, at det enkelte individ fungerer i relation til andre og i et omgivende miljø. Vi deler den opfattelse, at også andet end biologisk og kognitivt niveau spiller ind, hvor individets samspil med miljøet kan tilskrives betydning. Vi deler også den opfattelse, at talblindhed udvikler sig over tid og ikke er en statisk tilstand. Dette afspejles også i første del af den toledede engelske betegnelse *Developmental Dyscalculia*, men altså ikke i modellen i figur 3. Disse opfattelser kan visualiseres i følgende model, som er inspireret af en model fra det finske projekt Lukimat.





**Figur 4 Miljøet og elevens gensidige påvirkning (Lukimat-modellen)**

Modellen i figur 4 inddrager miljø og de muligheder, miljøet giver, for at personen kan gå i interaktion med andre. Med denne model kan man forstå talblindhed som noget, der varierer fra person til person (heterogent), og som noget, der udvikler sig gennem livet. Vi har bestræbt os på at få indikationer på elevadfærd, som er relevante for elevens samspil med miljøet. Det har vi gjort ved teoretisk at bruge 'Lukimat'-modellen fra figur 4 og i udviklingen af samtaletesten.

Vi minder om, at vi ikke deler den opfattelse – som har en vis udbredelse også internationalt – at talblindhed diagnosticeres ved hjælp af almindelige matematiktest, som fx ved den 7. percentil i 'computational fluency' eller 'mathematical achievement' (Zhou & Cheng, 2015, s. 80). Det betyder dog ikke, at alle sådanne studier har været nytteløse for os, for nogle af dem har givet viden, som vi har draget nytte af og knyttet til vores egen definition af talblindhed.

I det følgende gives en dybtgående præsentation af netop de dele af testbatteriet, som ligger uden for almindelige matematiktest. Vi beskriver detaljeret de fire deltest under den digitale test i tragt 2 og de fire kategorier i samtaletesten i tragt 3, teori og resultater bag dem samt resultater og revisioner fra udviklingsprocessen.

Følgende figur giver et overblik over nogle karakteristiske træk ved de fire deltest i tragt 2 og ved de fire kategorier i samtaletesten i tragt 3:

Hovedtest	Undertest	Antal opgaver	Opgavevariation	Tidsbegrænsning	Resultatopgørelse	Cutpoints
Den digitale test	Deltest 1 Prik - prik	67 + 3 prøveopgaver	Lille - 1 opgavetype	2 min - så mange de kan nå	Antal rigtige	Eleven er i risiko for talblindhed og skal videre til samtaletesten ved antal rigtige under cutpoint i 3 eller 4 test.
	Deltest 2 Talsymbol-talsymbol	65 + 3 prøveopgaver	Lille - 1 opgavetype	2 min - så mange de kan nå	Antal rigtige	
	Deltest 3 Prik - talsymbol	65 + 3 prøveopgaver	Lille - 1 opgavetype	2 min - så mange de kan nå	Antal rigtige	
	Deltest 4 Addition	144 + prøveopgave	Lille - 1 opgavetype	2 min - så mange de kan nå	Antal rigtige - forkerte	
Samtaletest	Kategori 1 Tal og ordning	4 opgaver med 23 spørgsmål	Stor - 4 opgavetyper	Nej - alle opgaver skal laves	Antal rigtige	Eleven er i risiko for talblindhed og skal videre til PPR hvis summen af rigtige er mindre eller lig 12 (hvor kategori 4 vægter halvt).
	Kategori 2 Positionssystem og ordning	4 opgaver med 4 spørgsmål	Stor - 4 opgavetyper	Nej - alle opgaver skal laves	Antal rigtige	
	Kategori 3 Regning med tal	5 opgaver med 13 spørgsmål	Stor - 4 opgavetyper	Nej - alle opgaver skal laves	Antal rigtige	
	Kategori 4 Matematik i hverdagen	6 opgaver og 8 spørgsmål	Stor - 6 opgavetyper	Nej - alle opgaver skal laves	Antal rigtige	

Figur 5 Oversigt over testdetaljer

## 11.1/ Deltest 1 i tragt 2

Deltest 1 i tragt 2 sammenligner én mængde prikker med en anden mængde prikker. Deltest 1 betegnes 'prik – prik'. I den ene side af skærmen ses en mængde med sorte prikker, og i den anden side ses en mængde med gule prikker. Skærbilledet forsvinder efter et sekund.

Den franske matematiker og forsker i kognitiv neuroscience Stanislas Dehaene fik i 1997 udgivet den skelsættende bog 'The number sense: How the Mind Creates Mathematics'. Dehaene har med sit begreb 'number sense' – oversat til dansk talsans – sat fokus på opfattelsen af antal og størrelse som vigtige for et menneskes liv og for menneskets udvikling af matematisk forståelse og kompetence. Teorien om talblindhed tilknyttet dette begreb består i, at denne talsans er medfødt – eller at anlæg for talsans, præliminær talsans – er medfødt og udvikles videre gennem livet. Når noget er medfødt, så er der risiko for, at nogle mennesker ikke har det med sig ved fødslen. Udover medfødt er der naturligvis også forskelle mellem menneskers udviklingsbetingelser, hvor samspillet med miljøet illustreres i 'Lukimat'-modellen i figur 4.

En relativt ringe udviklet eller manglende talsans kan ifølge denne teori være årsag til talblindhed. Talsansen kan som nævnt udvikles, og der er udviklet målemetoder til at give et

øjebliksbillede af et menneskes talsans og et billede af talsansens udvikling gennem livet. I disse målemetoder står det centralt at måle den såkaldte ANS, approximate number sense. 'Approximate' betyder tilnærmelsesvis og angiver, at det ikke drejer sig om eksakt antalsbestemmelse, og ANS opererer derfor ikke med eksakte talnavne eller talsymboler. Demetoder, der er udviklet til at teste sansen for tilnærmelsesvis størrelse, går ud på at sammenligne to mængder. Man skal afgøre, hvorvidt den ene mængde indeholder flere elementer end den anden. Der indgår ikke talsymboler, men elementer i form af prikker, stjerner eller andet. Testpersonen skal udpege mængden med flest elementer. Testpersonen skal ikke angive, hvor stor forskellen er mellem de to mængders størrelser.

Vi var fra starten af projektet inspireret af en konkret testudgave fra Daniel Ansari:

(<http://www.numeracyscreener.org/about-us.html>).

I den løbende revision af testen har vi også været inspireret af PANAMATH-testen:

(<http://panamath.org>), (<http://panamath.org/test/consent.php>)

Vi har ligeledes anvendt teorien om den såkaldte Weber-koefficient om forskellen mellem de to antal, der sammenlignes. Weber-koefficienten (eller Weber-brøken) er indikator for en persons mentale repræsentation af størrelser. Weber-koefficienten er et mål for, hvor god personen er til at se forskel på to størrelser. Weber-koefficienten fik vist sin prædiktive værdi fx af Michèle Mazzocco, Lisa Feigenson og Justin Halberda (2011a, 2011b) netop med test med sammenligning af to mængders størrelser. Her blev eleverne delt i fire grupper. MLD/Dyscalculia var sat til 10-percentil i performance test, der ikke inkluderede nogen ANS-måling. Desuden var i dette studie lavt præsterende elever angivet fra 10 til 25-percentil, og typisk præsterende 25-100 percentil samt højt præsterende til mellem 90-100 percentil. Med en test med sammenligning af to mængders størrelser viste det sig, at den gennemsnitlige Weber-koefficient for de fire grupper var henholdsvis 0,38 for MLD/dyscalculia, 0,26 for lavt præsterende, ligesom for typisk præsterende 0,26, mens for højt præsterende var den gennemsnitlige Weber-koefficient 0,23. Disse resultater tyder på, at test med sammenligninger af to mængders størrelser kan være af værdi som identifikation af talblindhed: talblindhed har sammenhæng med problemer i processering af ikke-symbolsk angivne størrelser, og processering af ikke-symbolsk angivne størrelser er på en eller anden måde fundament for matematiklæring i skolen. Dehaenes teori bliver støttet af disse resultater, og det har været afgørende for, at vi har taget måling af ANS med i vores testbatteri.

I den løbende revision af vores deltest 1 i tragt 2 har vi netop vurderet forskellen i antallet af prikker i forhold til Weber-koefficienten. Vi har i de enkelte items i deltest 1 arbejdet med følgende talpar med deres Weber-koefficient som brøkdelen, hvor forskellen mellem største antal og mindste antal divideres med mindste antal:

6	7	0,17	7	8	0,14	8	9	0,13	9	10	0,11	10	11	0,10
6	8	0,33	7	9	0,29	8	10	0,25	9	11	0,22	10	12	0,20
6	9	0,50	7	10	0,43	8	11	0,38	9	12	0,33	10	13	0,30
6	10	0,67	7	11	0,57	8	12	0,50	9	13	0,44	10	14	0,40
6	11	0,83	7	12	0,71	8	13	0,63	9	14	0,56	10	15	0,50
6	12	1,00	7	13	0,86	8	14	0,75	9	15	0,67			
6	13	1,17	7	14	1,00	8	15	0,88						
6	14	1,33	7	15	1,14									
6	15	1,50												
11	12	0,09	12	13	0,08	13	14	0,08	14	15	0,07			
11	13	0,18	12	14	0,17	13	15	0,15						
11	14	0,27	12	15	0,25									
11	15	0,36												

Tabel 1 Weber-koefficienter for forskellige talpar.

De røde talpar har vi udeladt pga. af en lille Weber-koefficient, som gør sammenligningen meget vanskelig. Når der er et relativt højt antal prikker med en lav differens mellem største og mindste antal, er det ganske svært – for ikke at sige umuligt – at vurdere på kort tid, hvor det ikke er meningen at tælle prikkerne, og hvor man ikke kan nå at tælle prikkerne. Det ses, at vi har overvejet 35 forskellige talpar, som kunne indgå. Det ses også, at vi på baggrund af indhøstede erfaringer med ikke-konsistente resultater har fravalgt de fleste opgaver med weberkoefficient mindre end 0,2 – de røde.

DeWind og Brannon (2016) har i øvrigt påvist pæn reliabilitet mellem test, der måler ANS (Panamath og Gebius/Reynvoet-testen), hvilket taler for, at det er et reelt fænomen, der måles. Dog viste deres undersøgelse også, at elever, der har prøvet en bestemt test tidligere, forbedrer deres resultat. Der er altså lav test re-test reliability. Nogle anbefaler derfor, at testen gentages med henblik på at få et mere gyldigt resultat. Det har vi ikke indbygget i den endelige test, men vi har indlagt træningsopgaver til hver opgavetype, og vi har som supplement til prik-prik-testen flere opgavetyper i digital test, og vi har samtaletest.

Prik-prik-testen er i sidste fase af projektet standardiseret uden gentest.

## 11.2/ Deltest 2 i tragt 2

Deltest 2 i tragt 2 sammenligner et talsymbol med et andet talsymbol. Deltest 2 betegnes 'talsymbol – talsymbol'. Eleverne skal angive det største tal. Der er indregnet tid i deltesten på den måde, at deltesten lukker ned efter to minutter. Det er hensigten, at der er tilstrækkelig mange opgaver til, at ingen når at besvare alle opgaver inden for de to minutter.

Der er andre hypoteser end hypotesen om en basal opfattelse af størrelser som det centrale i talblinde-fænomenet. Eksempelvis stiller De Smedt, Noël, Gilmore & Ansari (2013) sig kritiske til størrelshypotesen. De anfører, at resultater om ikke-symbolsk sammenligning af størrelser ikke har givet konsistente forskningsresultater. Det kan, skriver de, have noget at gøre med metodologiske uafklaretheder, men de understreger alligevel, at der ikke er fundet klar sammenhæng mellem problemer i ANS og matematikkompetence.

Den alternative hypotese om, hvad der er afgørende basis for matematiklæring, og som kan være udfordret hos talblinde, er 'the access deficit'-hypotese. Her associeres mundtlige talnavne og skriftlige talsymboler ikke med antal. Et af de mest robuste forskningsresultater er, at børn med bedre evne end andre til at sammenligne talsymbolers størrelse også præsterer bedre i matematik. Elever med talblindhed har tydelige problemer med at sammenligne symboler.

Her er det altså forbindelsen mellem talnavne og deres kvantitative betydning, der er i fokus, talsansen. Den basale opfattelse af størrelser, og af hvad der er større end andet, kan være intakt, og alligevel har eleven meget vanskeligt ved matematik. De Smedt et al. fremhæver, at det enten er sammenknytningen af på den ene side talsansen i Dehaenes forstand med på den anden side det tillærte om symboler, som ikke etableres. Eller det kan være, at ANS får mindre direkte betydning med alderen, og det er dermed slet ikke ANS, der giver mening til talsymbolerne. Når man lærer om talsymboler, så afstedkommer det nye slags eksakte repræsentationer af størrelser, som så eventuelt kan kombineres med ANS.

Talsymbolers størrelse kan testes på forskellige måder. En af måderne er som i deltest 2 i tragt 2, der svarer til det, der betegnes som et robust resultat. Her skal man vælge det største af to talsymboler.

Vi bygger på udformningen af Daniel Ansaris test vedrørende talsymboler, men da hans udgave kun dækker op til 3. klasse, har vi udvidet talomfanget, så vi har talsymboler, som går fra 1 til 19.

Forskningsbasen vedrørende Ansaris test ses samlet i: <http://scholar.google.ca/citations?user=raWdds0AAAAJ&hl=en>

Beskrivelse af testen findes på hjemmesiden for laboratoriet for numerical cognition på adressen <http://www.numericalcognition.org>

<http://numeracyscreener.org>

### 11.3/ Deltest 3 i tragt 2

Deltest 3 i tragt 2 sammenligner et antal prikker med et talsymbol. Deltest 3 betegnes 'prik – talsymbol'. Eleverne skal angive, hvorvidt antallet svarer til talsymbolet. Der er indregnet tid i deltesten på den måde, at deltesten lukker ned efter to minutter. Det er hensigten, at der er tilstrækkelig mange opgaver til, at ingen når at besvare alle opgaver inden for de to afsatte minutter.

Til deltest 3 er vi inspireret af samme forskning som i deltest 2. Også i deltest 3 ses på hypotesen om 'the access deficit', hvor mundtlige talnavne og skriftlige talsymboler ikke associeres med antal. Eleven skaber ikke mening om symbolerne. Eleven skal i deltesten sammenligne et antal tegn (prikker i deltest 3) med et talsymbol og angive, om de svarer til hinanden eller ikke svarer til hinanden. Eleverne stilles spørgsmålet 'Er der lige så mange prikker, som tallet viser?'

Der er progression i tallene i denne test, så tallene bliver større længere henne i testen.

### 11.4/ Deltest 4 i tragt 2

Deltest 4 i tragt 2 sammenligner et talsymbol med konstellationer af sammensatte mængder med ikke-numeriske tegn af forskellig slags og/eller med talsymboler. Deltest 4 betegnes 'aritmetik'. Eleverne skal angive, om talsymbolet svarer til det samlede antal tegn (summen). Der er indregnet tid i deltesten på den måde, at deltesten lukker ned efter to minutter. Det er hensigten, at der er tilstrækkelig mange opgaver til, at ingen når at besvare alle opgaver inden for de to minutter.

Hypotesen for deltest 4 er, at talblinde elever har svage forudsætninger for at forstå og processere aritmetiske operationer. Der skabes ikke mening i en basal regneoperation som addition, og/eller der knyttes ikke forbindelser mellem antalsrepræsentationer, som fastholdes så længe, at alle de nødvendige processer kan gennemføres, inden forbindelsen bliver glemt.

Det er den såkaldte 'The Number Sets Test', som udviklingen af deltest 4 er inspireret af. Testen er udviklet af D. C. Geary. Mange artikler behandler testens grundlag og testresultater, og som en af de seneste kan nævnes Geary, van Marle, Chu, Rouder, Hoard & Nugent (2018).

## 12.0 Den digitale tests udviklingsfaser

I dette kapitel præsenterer vi udviklingen af testen. Udviklingen er forløbet i en række faser for henholdsvis den digitale test, samtaletesten og testningen hos PPR.

Den digitale test og samtaletesten er blevet udviklet og afprøvet som to test parallelt med hinanden. For overskuelighedens skyld har vi valgt først at præsentere udvikling af den digitale test i fire faser efterfulgt af præsentation af samtaletestens udvikling.

### 12.1/ Fase 1 - Vennetest

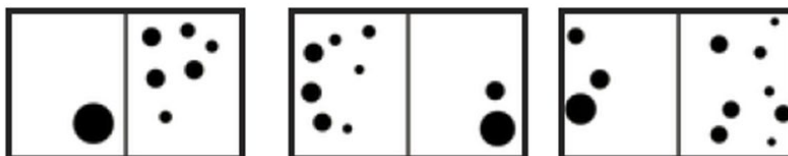
#### 12.1.1/ Formål med fase 1

Udvikling af testopgaver og funktionsundersøgelse.

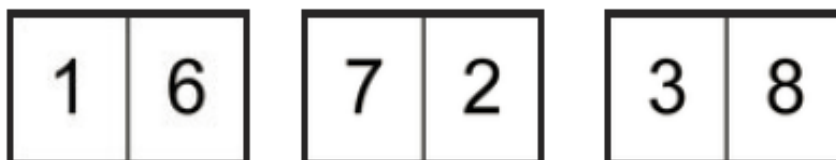
#### 12.1.2/ Indhold og baggrund

På baggrund af den foreliggende litteratur på området var det blevet besluttet, hvilke typer af opgaver der kunne indgå. Præliminære opgaver blev udformet i papirudgave. Der blev også udformet en præliminær testvejledning, som blev anvendt ved afprøvningen (Se bilag 1 – Testvejledning til testlærer – fase 1).

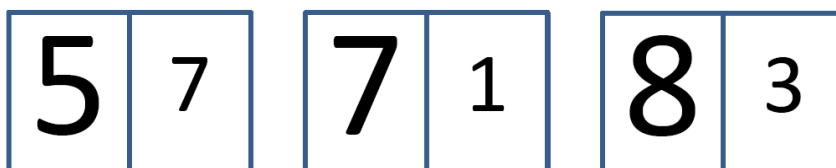
Testens udførelse blev foretaget i et klasselokale af to fra projektgruppen uden tilstedeværelse af nogen fra skolens personale. Rollerne var fordelt således, at én stod for den mundtlige introduktion til hver testdel bestående af en kort beskrivelse af opgaven samt nogle demo-opgaver, som eleverne skulle besvare, inden den rigtige test gik i gang. Den anden fra projektgruppen varetog tidtagningen og nedskrev observationer under hele testens forløb. Selve testen var opdelt i fire dele: 1, 2A, 2B og 3. Til selve udførelsen af hver del var der afsat to minutter. Eleverne fik inden testens begyndelse udleveret to kuglepenne, en sort og en blå, med det formål at få en markering af, hvor langt eleverne var kommet i testen efter det første minut.



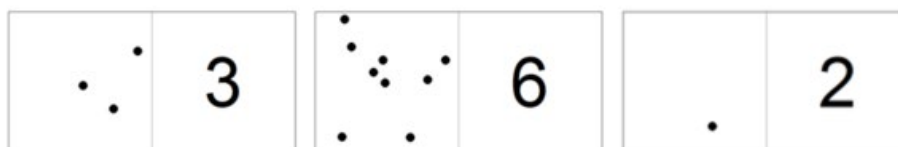
Figur 6 Deltest 1 Prik - prik, hvor er der flest prikker?



Figur 7 Deltest 2A Talsymbol – talsymbol, hvilket tal er størst (tallene er fysisk samme størrelse).



Figur 8 Deltest 2B Talsymbol – talsymbol, hvilket tal er størst (tallene havde fysisk forskellig størrelse).



Figur 9 Deltest 3 Symbol – prik, hvor er tallet og antallet af prikker det samme.



### 12.1.3/ Deltagergruppe

Afprøvningen blev foretaget på den forud definerede målgruppe, som er 4.-klasse-elever. 10 elever fra 4. klasse blev udvalgt, hvor klassens matematiklærer foretog en tilfældig udvælgelse af fem piger og fem drenge til testen. Den udvalgte skoles geografiske placering i den udvalgte kommune betyder, at skolen er placeret i et område, hvor elevernes socioøkonomiske og faglige ressourcer generelt kan siges at placere sig på et middel – undermiddel niveau. Skolen er derfor ikke en skole som kan kategoriseres som en overklasseskole eller som særlig ressourcestærk. Eleverne blev introduceret til testen af de to medlemmer af projektgruppen, der forestod testningen. Hertil var udarbejdet et baglommepapir til oplæsning.

### 12.1.4/ Resultater

Konklusionen på afprøvningen var, at eleverne godt kunne udføre testene med den anvendte form og layout i kombination med den forklarende introduktion, så dermed fungerer testenes indhold tilfredsstillende.

Eleverne viste sig meget imødekommende og arbejdede meget fokuseret under testsessionen. Eleverne gav feedback, efter at testen var gennemført. Eksempler på elevkommentarer er *"Det var sjovt og svært at finde ud af det hurtigt. Man havde lyst til at vælge det fysisk største tal."* *"Det var svært, når prikkerne ikke var i mønstre."* *"Nogle af prikkerne stod meget tæt og lå nærmest oveni hinanden."*

### 12.1.5/ Justeringer

Dog blev det efterfølgende overvejet, om sidste test muligvis havde for få opgaver, da de fleste af eleverne blev færdige inden for første minut.

De enkelte test blev herefter evalueret i projektgruppen i forhold til talblindhedsdefinitionen, og der blev taget stilling til, hvilke test vi ønskede at gå videre med i forhold til test 2A og 2B. Vi valgte at fokusere på talsymbolers størrelsmæssige værdi i 2B efterfølgende. Test 2A måler stroop-effekt, hvor fx et syvtalssymbol, der er fysisk højere end et nitalssymbol, opfattes som det største tal, hvilket tidligere har været opfattet i forskningen som en indikator på talblindhed, men som man er gået væk fra. Det var årsag til, at vi justerede og lod 2B gå ud af den digitale test. Der blev desuden foretaget opfølgning på layout af de items, hvor kvaliteten havde vist sig at være af svingende kvalitet.

## **12.2/ Fase 2 – Afprøvning på ca. 200 elever.**

### 12.2.1/ Formål

Anden afprøvning af digital test på 200 elever i 10 hele 4. klasser med præliminær testvejledning. Komparative analyser af at foretage testen skriftligt på papir og digitalt på computer.

### 12.2.2/ Indhold og baggrund

Det blev i projektgruppen diskuteret, hvorvidt det ville fungere at omsætte denne del af talblindhedstesten til en digital løsning. Der blev derefter udarbejdet en digital løsning af testen internt på platformen Inquisite. Som fordele ved en digital løsning talte, at opgavernes form var velegnede til digital repræsentation, ligesom rettetarbejdet på opgavesvarene og de efterfølgende optællinger ville blive mere præcise og gå hurtigere.

Eleverne skulle under fase 2 – afprøvningen gennemføre både en papirversion og en digitalversion af testen. Læreren skulle selv varetage gennemførelsen af testene og herunder også afprøve den udarbejdede testvejledning (Se bilag 2). Læreren skulle selv holde styr på tiden, to minutter til hver deltest. Det gjaldt både under papirversionen og den digitale version. Efter testgennemførelsen skulle lærerne besvare et spørgeskema og dermed give os feedback på testen og dens afvikling (Se bilag 3).

Halvdelen af skolerne afprøvede den skriftlige test på papir efterfulgt af den digitale test, og 14 dage senere gentog de afprøvningen i omvendt rækkefølge. Den anden halvdel omvendt. Meningen med denne struktur var at undersøge, om der var et mønster i antallet af besvarede items i første og anden omgang, og om eleverne blev udmattede, mistede koncentration og interesse og dermed ikke løste lige så mange opgaver i gentestningen som i første test.

Del-test	Type	Beskrivelse	Afslutning af test	Antal items
1	Prik – prik	Eleverne skal sætte streg over kassen med flest prikker i, uden at tælle prikkerne.	Da eleven skal markere et svar ved hvert item, er det tydeligt at se, hvor eleven er stoppet, og hvilke items eleven har sprunget over.	Papir: 201 items. Digital: 200 items
2	Symbol – symbol	To tal sammenlignes, og eleverne skal markere det tal med den største værdi. Tallene har fysisk samme størrelse.	Da eleven skal markere et svar ved hvert item, er det tydeligt at se, hvor eleven er stoppet, og hvilke items eleven har sprunget over.	Papir: 205 items Digital: 200 items
3	Prik – symbol	Til venstre prikker som ikke ligger i mønster, i højre side et tal/symbol. Eleverne skal markere de bokse, hvor prik og symbol stemmer overens.	Svært at vurdere hvor langt eleven er kommet i testen, og om items er sprunget over, idet der ikke skulle markeres, når prikker og bokse ikke stemte overens. Vi valgte at opfatte den sidste streg, eleven havde sat, som udtryk for det sidst nåede item.	Papir: 192 items Digital: 201 items.

Figur 10 Beskrivelse af deltestene i fase 2.

Deltestene i Inquisite med eksempler på instruktion, prøveitem og testopgaver:

De følgende sider indeholder eksempler og øvelser. Det er vigtigt, at du stopper med at øve dig, når du når til siden, hvor der står stop.  
Du skal klikke på frem knappen nederst på siden for at bladre.



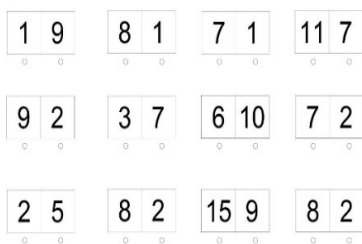
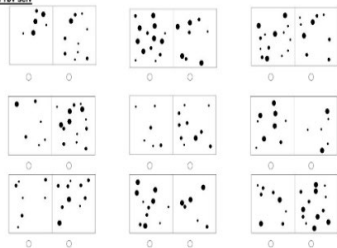
## Stop

Du skal nu gå til forsiden og logge dig ind på deltest 1. Men først når din lærer siger til.



### Eksempler og øvelser til deltest 1

Prøv selv



### Eksempler og øvelser til deltest 1

I deltest 1 er der en række opgaver.

Du skal for hver opgave finde ud af, hvor der er flest prikker.

Du skal bruge musen til at markere.

Når du har markeret ser det ud som det er vist nedenfor.

Du kan kun markere ét sted pr. opgave. Hvis du fortryder din markering, markerer du blot den anden cirkel.

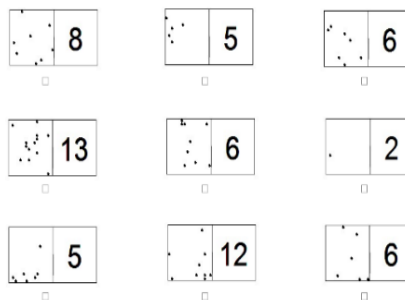
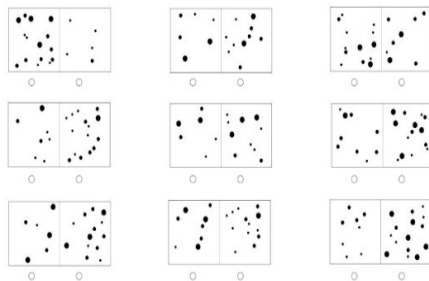


På næste side kan du prøve selv



På næste side starter **deltest 1**.

Du må først begynde, når din lærer siger til.  
Du kommer til næste side ved at klikke på 'frem' nederst på siden til venstre.



Figur 11 Screenshots fra Inquisite.

### 12.2.3/ Deltagergruppe

På baggrund af en repræsentativ stikprøve blev syv skoler og 11 klasser udvalgt til at deltage i dette pilotforsøg. Seks skoler og 10 klasser endte med at deltage og sendte os resultater svarende til 192 elever. Svarene kom retur fra følgende skoler:

1. F2Skole1
2. F2Skole2
3. F2Skole3
4. F2Skole4
5. F2Skole5
6. F2Skole6
7. F2Skole7

Efterfølgende fik vi tilsendt spørgeskemaer fra lærerne. Her modtog vi spørgeskemaer fra fem skoler og otte klasser. Der manglede spørgeskemasvar fra:

1. F2Skole4
2. F2Skole7

Der manglede elevbesvarelser fra:

1. F2Skole7

### 12.2.4/ Resultater

Skolerne sendte efter endt afprøvning testene retur til DPU. Her indtastede fire studenter-medhjælpere elevernes resultaterne af testene. I disse data kunne der ikke iagttages nogen mønstre i hver enkelt deltest for, hvordan eleverne fordelte sig, eller i typen af foretagne fejl, som kunne godtgøre et mindre antal adskilte profiler blandt talblinde elever. Det har således ikke ud fra denne afprøvning været muligt med baggrund i de foretagne statistiske analyser at identificere og kategorisere forskellige profiler af talblindhed hos eleverne.

#### 12.2.4.1/ Statistiske analyser på fase 2

Til belysning af deltest 1's reliabilitet har vi analyseret resultater på scoreniveau (score1 fra test 1 og score2 fra test 2), både i grafisk og numerisk form. Elevernes score1 fra test 1 blev sammenholdt med elevernes score2 fra test 2. Det kunne ud fra disse analyser konkluderes, at scoreprocenterne på individniveau og opgaveniveau for test 1 og test 2 ikke viste systematiske sammenhænge. Der er opstillet og analyseret tabeller over hvert item i deltest 1.

Disse giver ikke noget billede af systematiske fejl, som kunne være knyttet til bestemte opgaver, så der kan ikke demonstreres overensstemmelse mellem elevernes svar første og anden gang. Det betyder, at der er lav reliabilitet.

Deltestene havde på dette tidspunkt ikke gennemgået Raschanalyser, så udsvingene skal anskues med forbehold for testenes manglende homogenitet. Men under alle omstændigheder viser den konstaterede lave reliabilitet mellem test 1 og den gentagede test 2 – omend med forskellig rækkefølge på de to medier – et behov for, at brugen i praksis af det færdige testbatteri overvåges og evalueres i en periode som grundlag for eventuelle revisioner.

### Deltest 1

Elektronisk (digital) score1: 70 % rigtige i gennemsnit.

Elektronisk score2: 84 % rigtige i gennemsnit.

De to test viste en korrelation på 43 %.

Spearman Correlation Coefficients Prob >  r  under H0: Rho=0 Number of Observations		
	score_1	score_2
score_1	1.00000 193	0.42828 <.0001 181
score_2	0.42828 <.0001 181	1.00000 196

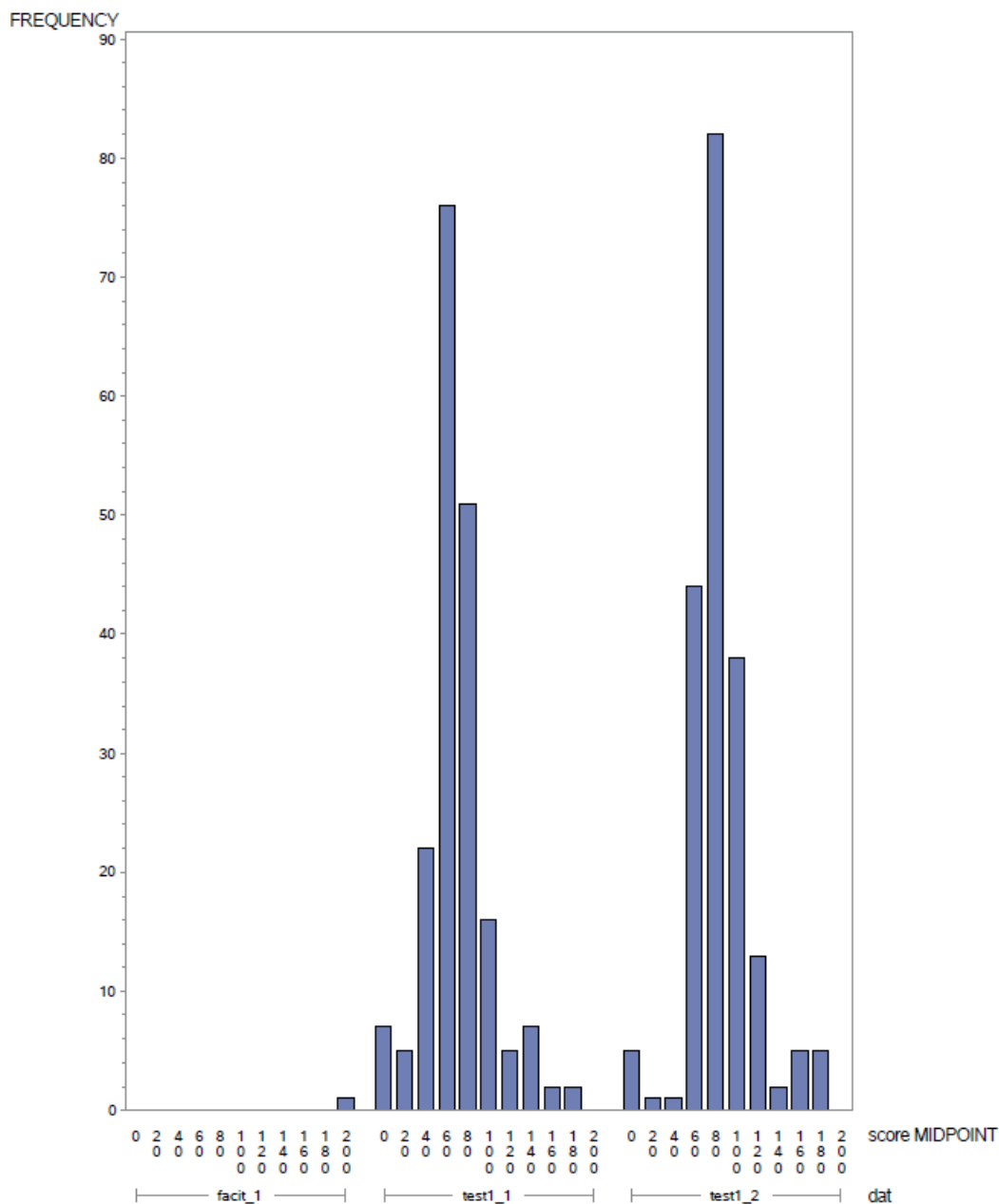
Tabel 2 Deltest 1, Korrelation mellem test 1 og 2, elektronisk.

### Analysen af deltest 1 – gentagne målinger

I følgende tabel er isoleret de elever, der i deltest 1 svarer 100 % det samme ved test 1 og test 2, dvs. har sum over differenser fra test 1 til test 2: sumdif=0. Det drejer sig om seks elever, så der er fuld reliabilitet mellem første og anden testning af disse elever:

Obs	name1	sum- dif	Score	Fejl	pass	overspr	notr
1	HP7N6F	0	59	141	63	4	137
2	JMDVXP	0	0	200	.	0	.
3	KBB2HT	0	83	117	90	7	110
4	PANXYZ	0	0	200	.	0	.
5	ZDSVNE	0	110	90	117	7	83
6	ZQSAE2	0	65	135	72	7	128

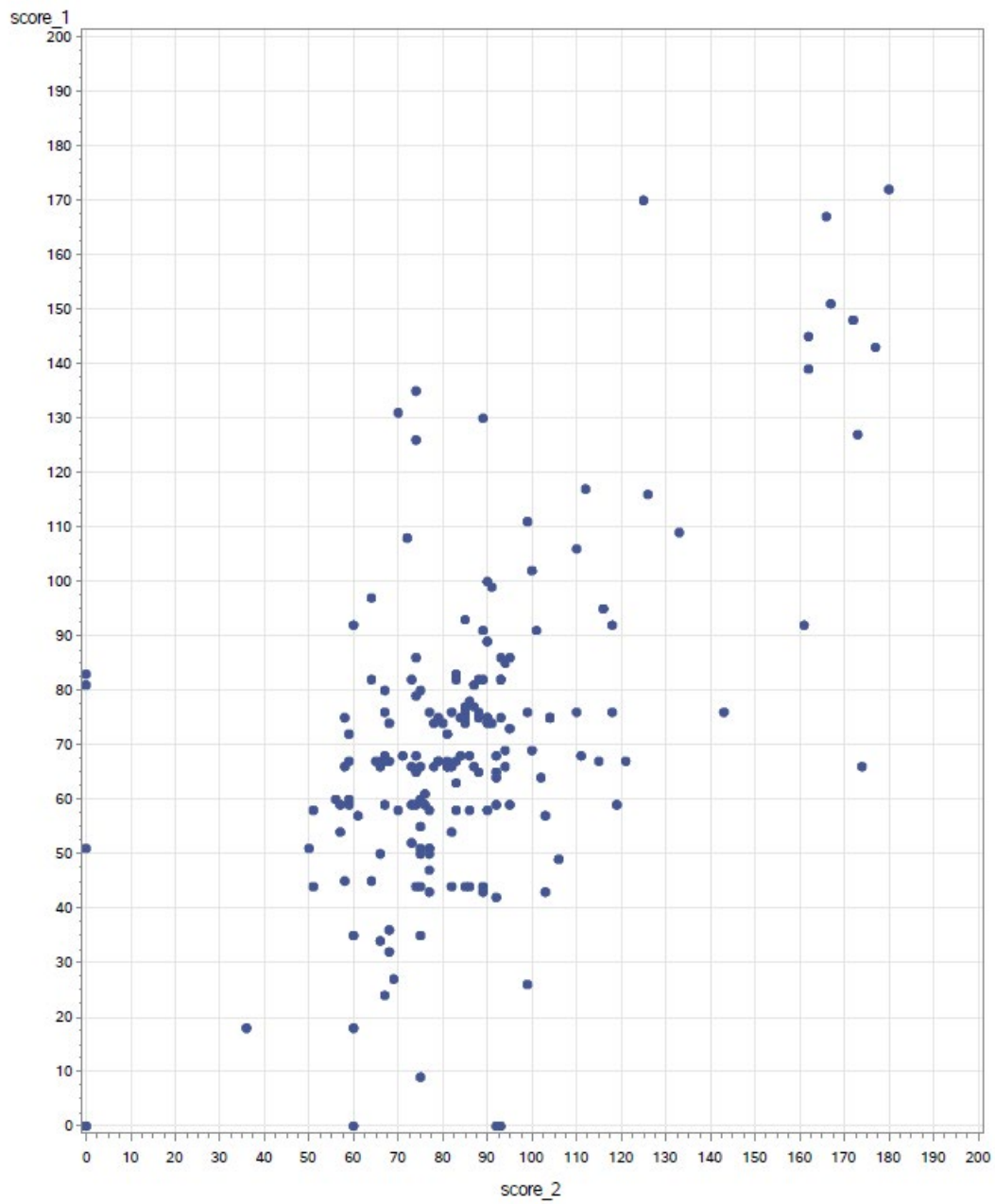
**Tabel 3 Seks elever med fuld reliabilitet i test 1 og test 2, elektronisk.**



Figur 12 Fordeling af elevscorer i test 1 og test 2, elektronisk.

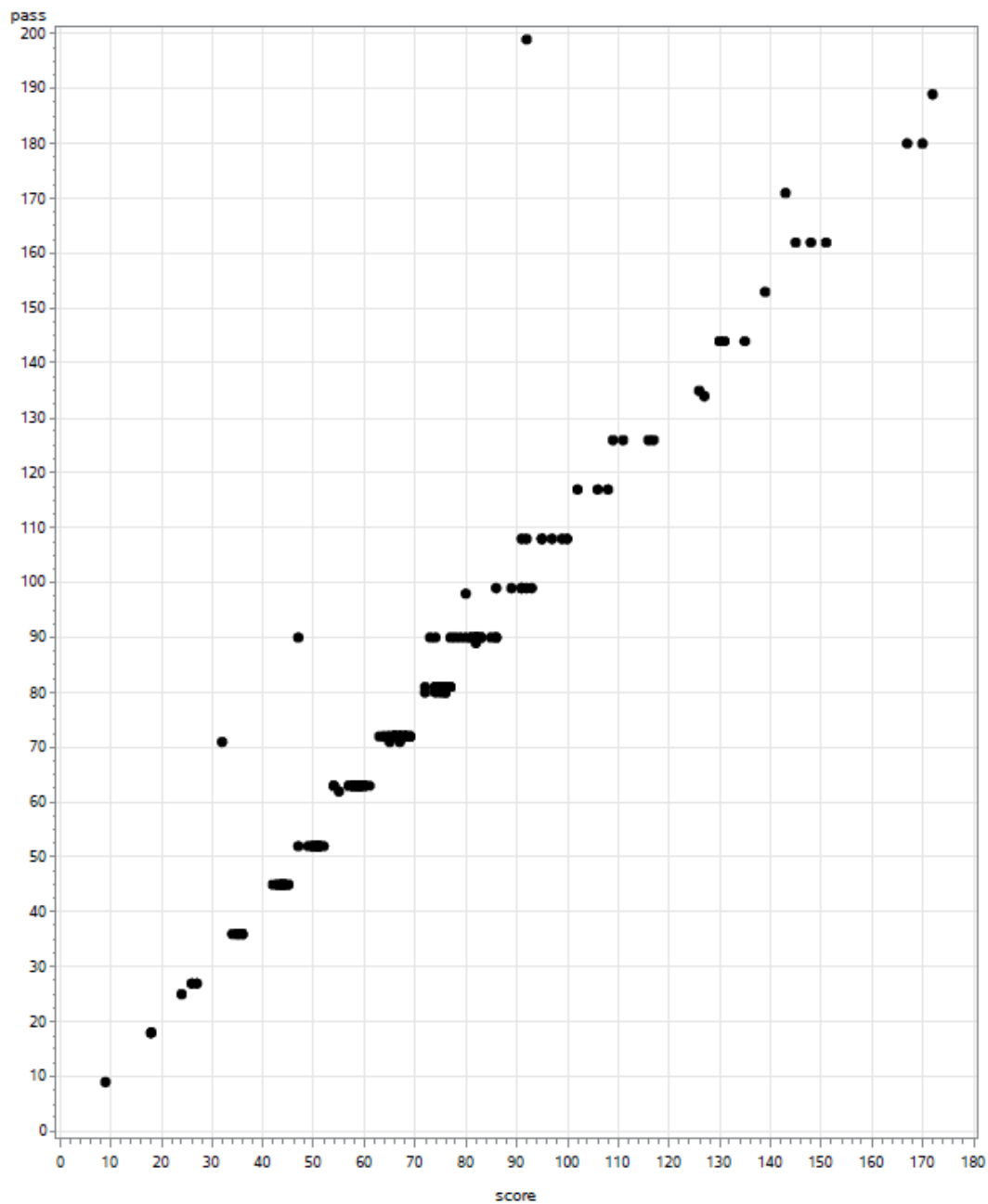
Fordelingen af resultater fra de to testgange ses af søjlediagrammerne som et eksempel på vores analyser. Der ses en tendens til at være flere ekstreme resultater ved anden test, og det ses, at scoren i gennemsnit er højere anden gang.





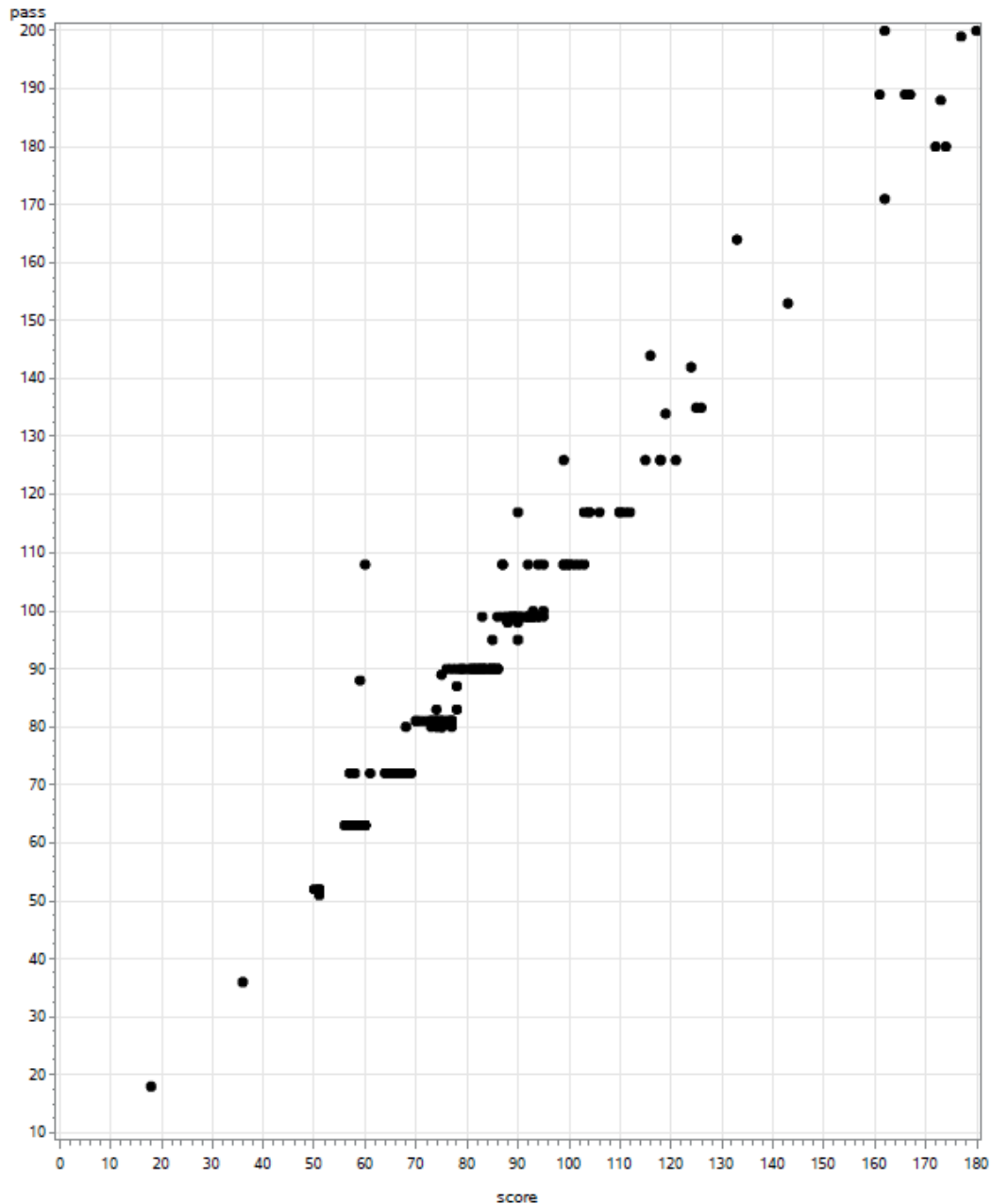
Figur 13 Deltest 1, relation mellem variable fra de to test 1 og 2, elektronisk.

Grafen understøtter en fornemmelse af, at der er en vis lineær sammenhæng mellem første og anden testning, men som nævnt er korrelationen ikke stor.



Figur 14 Deltest 1, test 1, sammenhæng mellem score og antal nået.

Grafen viser en tydelig sammenhæng mellem scoren og antallet af nåede items, forstået således, at scoren følger på ens måde det antal items, som eleven har nået at svare på.



Figur 15 Deltest 1, test 2, sammenhæng mellem score og antal nået.

Vi ser det samme billede som i første omgang, dog med en større spredning for de elever, som er nået længst.

**Deltest 2**

Elektronisk (digital) score1: 95 % rigtige

Elektronisk score2: 96 % rigtige

De to test viste en korrelation på 58 %

Spearman Correlation Coefficients Prob >  r  under H0: Rho=0 Number of Observations		
	score_1	score_2
score_1	1.00000 193	0.58075 <.0001 161
score_2	0.58075 <.0001 161	1.00000 173

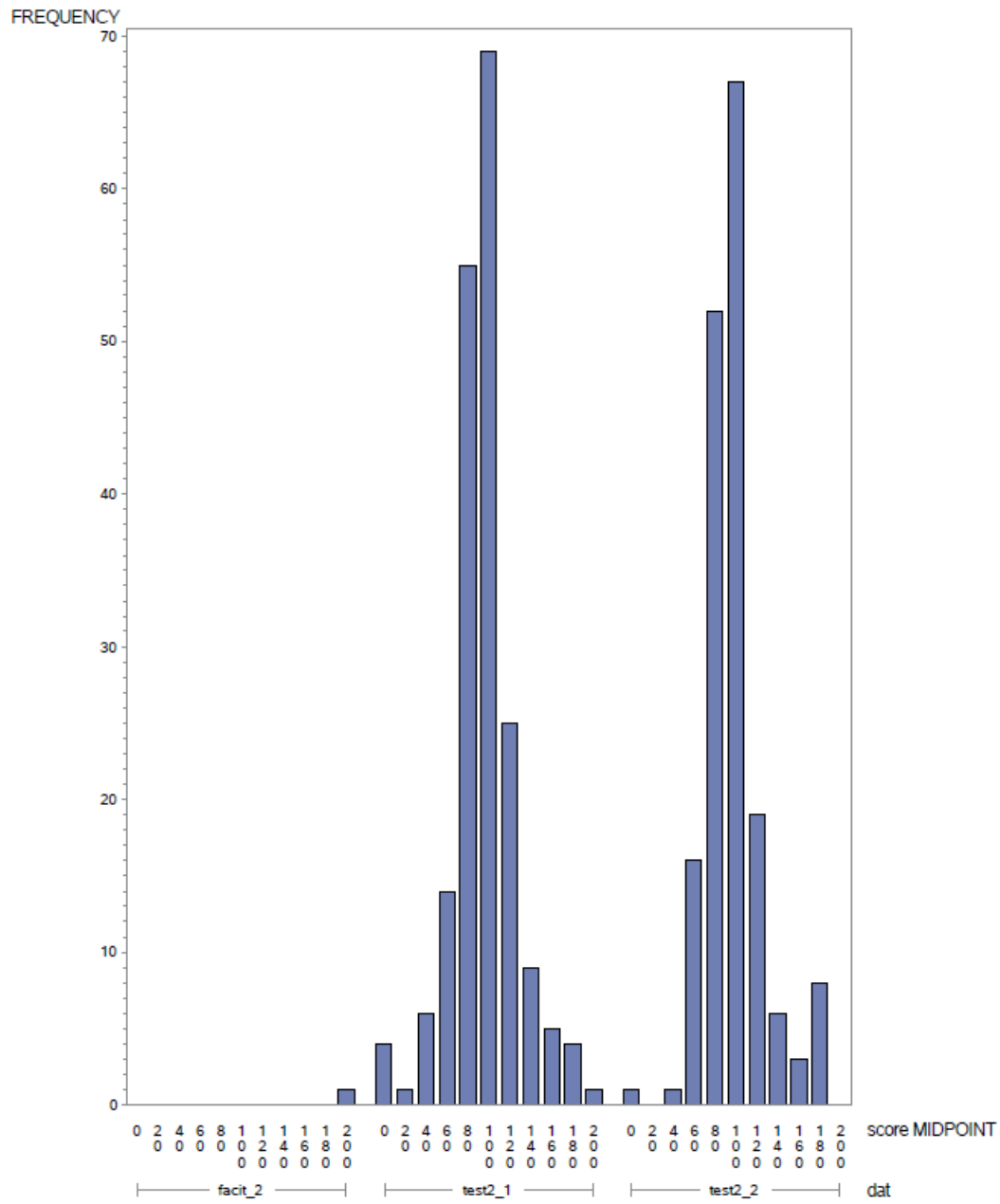
**Tabel 4 Deltest 2, korrelation mellem test 1 og 2, elektronisk.**

Analysér af deltest 2 – gentagne målinger

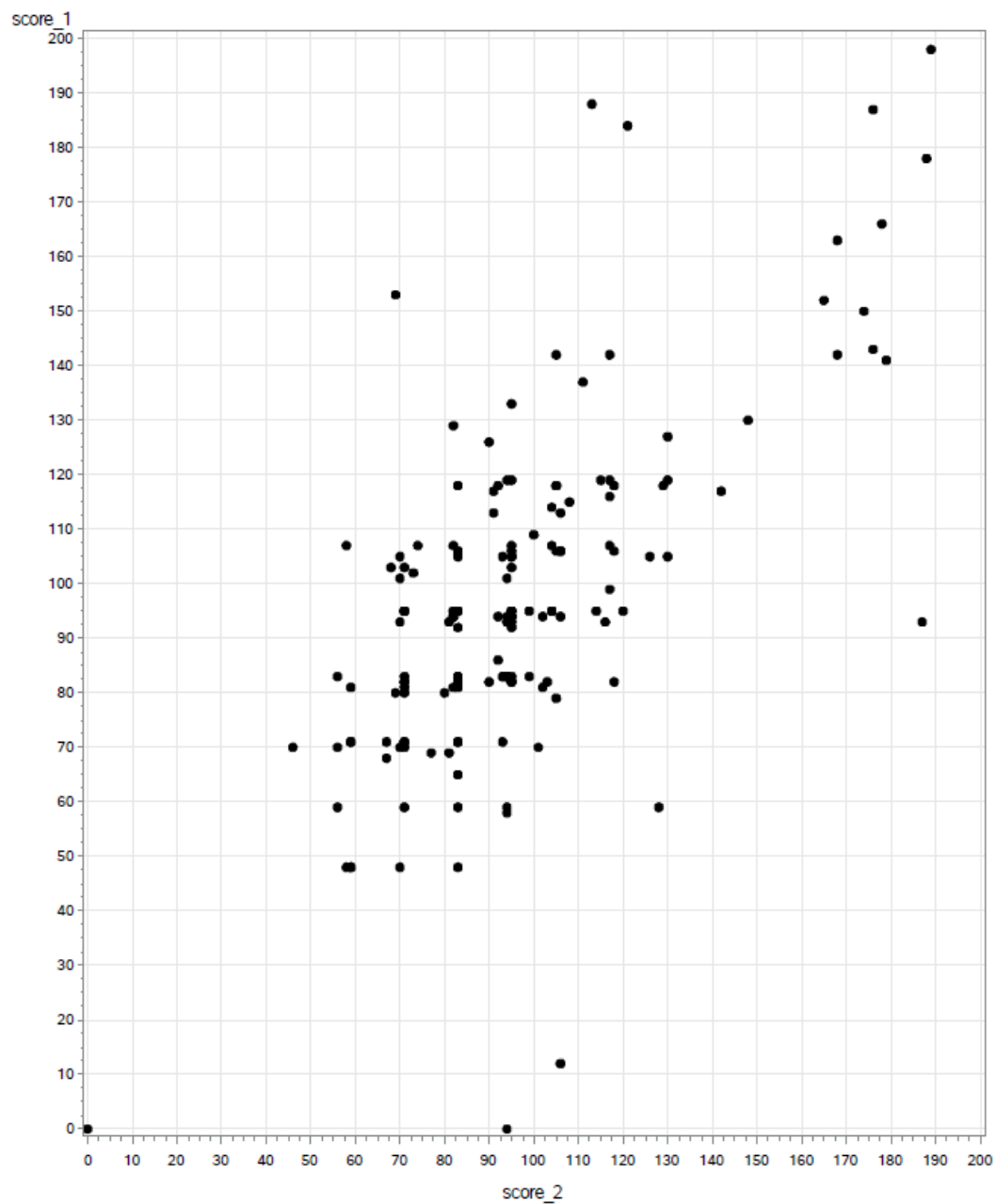
Også for deltest 2 har vi foretaget analyser af gentestningen. Analyseresultaterne afviger ikke fra analyserne af deltest 1. I følgende tabel er isoleret de elever, der i deltest 2 svarer 100 % det samme ved test 1 og test 2, dvs. har sum over differenser fra test 1 til test 2:  $\text{sumdif}=0$ . Det drejer sig om 12 elever:

Obs	name1	sumdif	score	fejl	pass	overspr	notr
1	D9J852	0	70	130	72	2	128
2	EEW6VN	0	83	117	84	1	116
3	FX9H4Q	0	71	129	72	1	128
4	FZNC5G	0	95	105	96	1	104
5	H7DFB7	0	189	11	192	3	8
6	HP7N6F	0	83	117	84	1	116
7	HUVZFD	0	71	129	72	1	128
8	PANXYZ	0	0	200	.	0	.
9	RYE3HY	0	105	95	108	3	92
10	T8CZNN	0	95	105	96	1	104
11	UGMVE6	0	94	106	96	2	104
12	YPAXZW	0	95	105	96	1	104

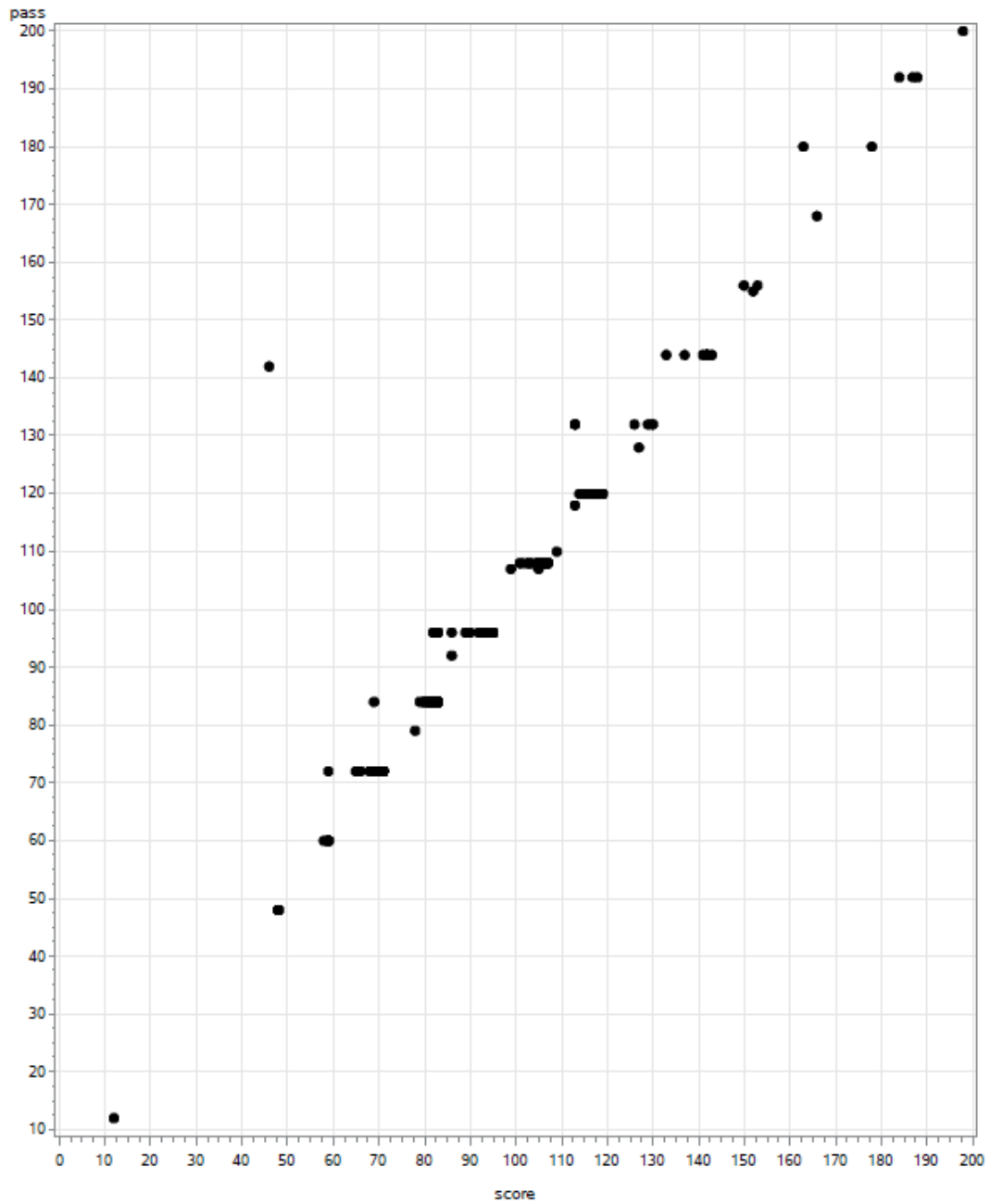
**Tabel 5 12 elever med fuld reliabilitet i test 1 og test 2, elektronisk.**



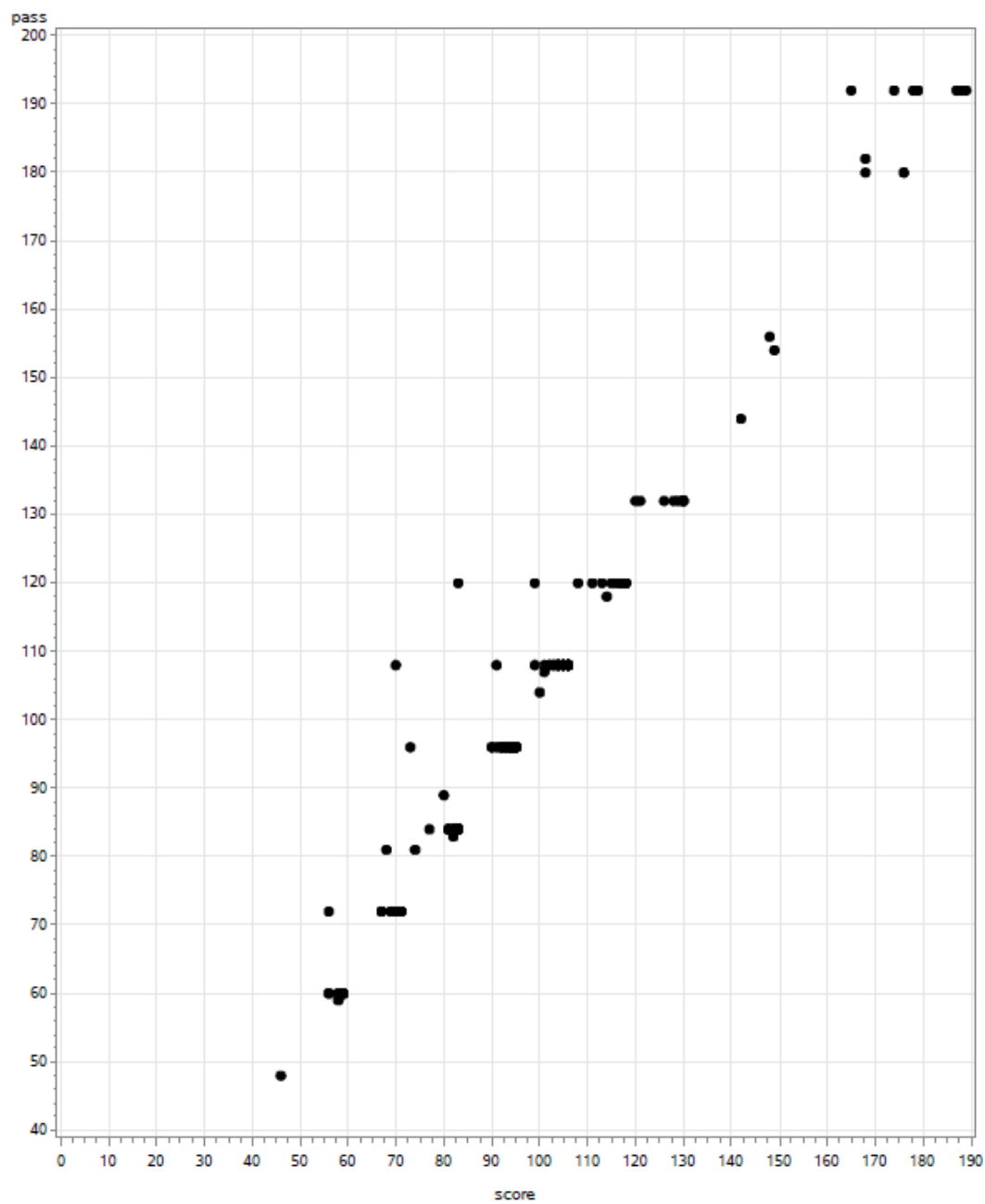
Figur 16 Deltest 2, fordeling af scorer i test 1 og 2, elektronisk.



Figur 17 Deltest 2, relation mellem variable fra de to test 1 og 2, elektronisk.



Figur 18 Deltest 2, test 1, sammenhæng mellem score og antal nået.



Figur 19 Deltest 2, test 2, sammenhæng mellem score og antal nåede



## 12.2.5/ Lærernes mistanke om talblinde elever og elever i vanskeligheder

I spørgeskemaet til lærerne spurgte vi til, hvilke elever lærerne så som værende i risikogruppen for talblindhed, og hvilke elever der havde generelle matematikvanskeligheder ifølge lærernes vurdering.

Lærernes feedback viste, at de havde syv elever fordelt på fire klasser med mistanke om risiko for talblindhed. Derudover var der mistanke hos lærere om, at 32 elever fra otte klasser havde generelle matematikvanskeligheder. Det fremgik også, at 20 elever fik eller havde fået støtte i matematik, mens 26 elever fik eller havde fået særlig støtte i læsning.

Vi sammenholdt resultater fra de af lærerne udpegede elever med resultater hos de resterende elever i testen. Der viste sig ikke nogen entydig overensstemmelse mellem testresultater og lærervurderinger.

Efter afprøvningen havde fundet sted, blev der desværre identificeret forskellige rækkefølger af opgaver i henholdsvis papirform og digital form, så det ikke var muligt at foretage komparative analyser mellem papir- og elektronisk (digital) test på alle deltest i tragt 2.

I deltest 1 var der med flere items forskellig rækkefølge i digital og papirversion.

Deltest 2 kunne sammenlignes med forbehold, idet to items blev gentaget i papirversionen, som yderligere havde tre items mere i slutningen end den digitale.

Deltest 3 kunne sammenlignes med forbehold. To steder var der byttet rundt på to items, der stod ved siden af hinanden, og ét item var med i papirversionen, men ikke i den digitale. Instruktionsopgaverne kom desuden med i selve testen i den digitale deltest 3.

Efter denne afprøvning blev det også vurderet, hvordan opgørelserne for hver enkelt deltest skulle udformes.

## 12.2.6/ Justeringer

### 12.2.6.1/ Spørgeskemaer fra lærerne, fase 2.

På baggrund af spørgeskemaer fra lærerne på fem skoler og otte klasser har vi samlet feedbacken fra lærerne efter gennemførelsen af fase 2 i en række punkter. Vi har delt lærernes feedback op i kommentarer til den digitale test og til papirtesten.

Den digitale test:

- Lærerne gav udtryk for, at det var ret besværligt, at introduktionen og testen skulle åbnes i hver sit browservindue. Eleverne blev hurtigt forvirrede, og det tog tid at vente på

hinanden. (At vente på hinanden er kun en problematik i projektets afprøvninger med hele klasser)

- Optimalt, hvis eksempler og øvelser til deltestene i digital udgave ligger umiddelbart før hver sin deltest, som det var tilfældet med papirudgaven.
- En tidsfunktion, som kan indstilles, blev foreslået, så computeren selv lukker ned efter to minutter i hver deltest. Dette kunne gøres ved, at eleven skal trykke på en knap, som starter tidsmåling og test samtidig, og med en timer, som efter to minutter lukker testen igen.
- I spørgeskemaet blev lærerne bedt om at angive, om testen var 'ligetil', 'nogenlunde ligetil' eller 'besværlig'. Her fordelte svarene sig med to i ligetil, to i nogenlunde lige-til og to i besværlig.
- Det blev foreslået fra to skoler, at eleverne skulle trykke på billedet i stedet for på den lille prik under billedet. En af de to skoler havde anvendt iPad.
- Fremknappen blev påpeget at være placeret for langt nede på skærmen.
- Der blev rapporteret om ringe netforbindelse, hvor det var vanskeligt at oprette forbindelse til testen.
- En lærer havde ved anden gennemførelse af testen foretaget en visning af introduktionen på smartboard for alle elever, og derefter var eleverne gået i gang med testen. Det havde ifølge læreren virket godt.
- En lærer skrev, at eleverne havde givet udtryk for at det var hårdt for øjnene at tage den digitale test. En anden lærer havde en elev, som på et tidspunkt havde afsluttet testen, idet eleven havde oplevet, at prikkerne flød ud for ham.
- Afhængigt af elevernes færdigheder i brugen af bærbar computer vurderedes der en vis usikkerhed i vurderingen af elevernes hurtighed: der var risiko for, at det afhang af, om der brugtes mus eller ej. Det kan være hurtigt at besvare opgaverne, når man bruger en mus.
- Papirtest:
- I spørgeskemaet var lærerne blevet spurgt, om den kvantitative test på papir var ligetil, nogenlunde ligetil eller besværlig. Her fordelte svarene sig med fire i ligetil, to i nogenlunde ligetil og 0 i besværlig.
- En lærer gav udtryk for, at der var mere konkurrencementalitet i papirtesten end i den digitale, og at dette formentlig var årsagen til den øgede uro.
- En lærer gav udtryk for, at flere af eleverne blev færdige med alle items, inden tiden på de to minutter udløb, op til 12-15 sek. inden.

Desuden måtte vi konstatere, at papirtesten med så mange elever, som afprøvningen krævede, gav et meget stort kodningsarbejde med risiko for menneskelige fejl.

Feedbacken til længden af deltestene og den samlede udførelse af dem var positiv. Elever havde ifølge lærerne været gode til at koncentrere sig i de to minutter, som hver deltest varede. Gennemførelsen af den samlede test indeholdt også introduktioner og prøveitems, som også tager tid. Nogle lærere beskrev, at der var blevet brugt næsten to fulde lektioner på testen, og en lærer nævnte en time og tyve minutter. Det må bemærkes, at dette tidsforbrug var for en gennemførelse på både papir og digitalt.

På baggrund af denne afprøvning blev det besluttet at gå videre med en digital løsning. Det manuelle arbejde med kodning af papirtesten var omfattende, og risikoen for fejløgørelser var stor. Tidsperspektivet ved gennemførelsen af papirtesten blev også for upræcist ledet af testlæreren. Den anvendte IT-plattform Inquisite var imidlertid ikke tilstrækkelig, og derfor måtte der herefter findes en leverandør til en forbedret digital løsning. Valget faldt her på @venture, begrundet i deres erfaringer med de nationale test.

## **12.3/ Fase 3 – en udvalgt kommune**

### **12.3.1/ Formål**

Afprøvning af ny testplatform med tilhørende videosekvenser til introduktion for eleverne, prøveopgaver samt scorejustering.

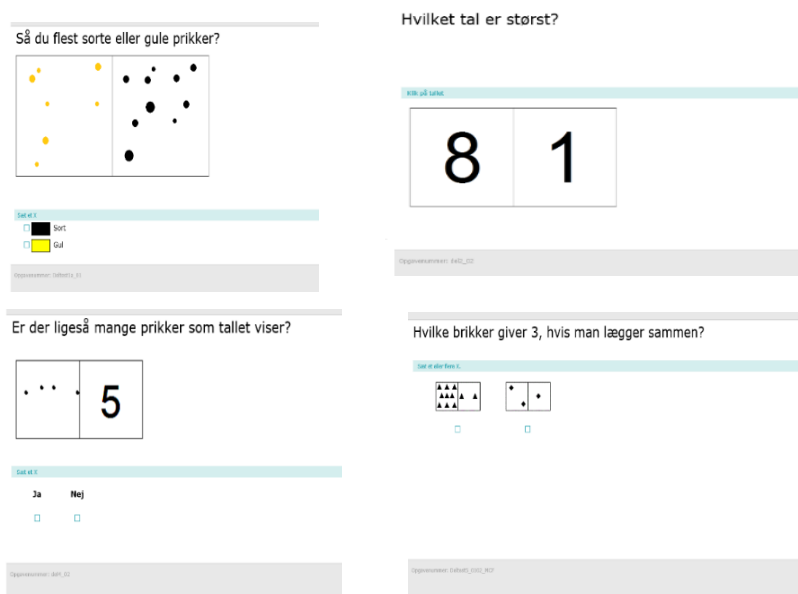
### **12.3.2/ Indhold og baggrund**

Efter afprøvning af platformen inquisite blev det besluttet, at vi ønskede en ny platform til testen, da testens funktionalitet blev udfordret af nogle utydelige grafer i de enkelte items samt et ønske om tilføjelse af nogle opgaver, som ikke kunne lade sig gøre i den hidtidige platform. I deltest 1 var det som nævnt ikke meningen, at eleverne skulle tælle prikkerne, men komme med et bud på, hvor der var flest ud fra en hurtig perceptionsvurdering af hvilken mængde, der ser størst ud. Derfor ville vi gerne have tilføjet i opgaven, at prikkerne forsvandt efter et sek. Vi fik som nævnt et yderligere ønske fra testlærere om, at der skulle indgå instruktionsvideoer i starten af hver deltest for at vise eleverne, hvordan opgaverne skulle løses, efterfulgt af nogle prøveopgaver. @venture udarbejdede derfor en ny version af testen, som også skulle igennem en afprøvning. Den nye digitale test var færdig og klar til afprøvning medio september 2016, og selve afprøvningen ude på skolerne fandt sted i uge 43 og 44 i 2016.

Det blev yderligere vedtaget, at der skulle integreres en testdel med fokus på addition med inspiration fra D. C. Geary (se fx Geary et al, 2018). Dette var blevet kraftigt anbefalet af Marie-Pascale Noël.

Antallet af items i testene blev justeret til 120 items i deltest 1, 200 items i deltest 2 og 3 og 154 items i deltest 4.

Arten af testspørgsmål kan ses på følgende billeder:



Figur 20 Screenshots af den digitale test udformet af @venture.

### 12.3.3/ Deltagergruppe

Skoler i en kommune på Sjælland skulle hjælpe os med afprøvningen i fase 3. De fik orienteringsmail med information om afprøvningen (se bilag 4) og en testvejledning (Se bilag 5). Den potentielle deltagelse var på 19 klasser, 16 lærere og 419 elever.

232 elever deltog fra tre skoler fordelt på seks afdelinger.

### 12.3.4/ Resultater

Der blev for hver deltest fastlagt en cut-off-score ud fra de 10 % ringest præsterende elever. Eleverne fik derefter tildelt en rang, 1 eller 0, for, hvorvidt de var blandt de elever med de laveste scorere i hver enkelt deltest. Den rang blev efterfølgende summeret sammen for alle fire deltest. De elever, som havde en total rang, som lå mellem 3 og 4, blev udtaget til samtaletest. Det var i alt ni elever, på hvis besvarelser vi udførte uddybende analyser af antal rigtige og antal nået.

## 12.3.4.1/ Analyse af indsamlede data – 10 % ringest præsterende

Efter endt testning blev resultaterne for hver elev i hver deltest talt op.

Elevernes resultater blev opgjort efter følgende formler:

<b>Deltest 1</b> ( <i>Er der flest gule eller sorte</i> )	<b>Deltest 2</b> ( <i>Hvilket tal er størst</i> )
Antal korrekte: K Antal fejl: F Antal oversprungne: O Antal nåede $N=K+F+O$ <b>Score: <math>S=K</math></b>	Antal korrekte: K Antal fejl: F Antal oversprungne: O Antal nåede $N=K+F+O$ <b>Score: <math>S=K</math></b>
<b>Deltest 3</b> ( <i>Er der lige så mange prikker, som tallet viser</i> )	<b>Deltest 4</b> ( <i>Hvilke brikker giver _ hvis man lægger sammen</i> )
Antal korrekte: K Antal fejl: F Antal oversprungne: O Antal nåede $N=K+F+O$ <b>Score: <math>S=K</math></b>	Antal påbegyndte sider af x brikker: P (Som besluttet skulle der være lige mange brikker på hver side, dette antal kaldes x. Den sidst påbegyndte side af brikker tælles fuldt med, selvom eventuelt sidste ikke nåede brikker på denne side derved tælles som fejl.) Antal korrekt valgte brikker: V Antal missede brikker, med det korrekte samlede antal: M Antal fejlagtigt markerede brikker: FA Antal nåede $N=P*x$ Antal fejl er $F=M+FA$ Antal korrekte er $K=N-F$

	<p>Begrebet oversprungne O (som er de opgaver, eleven vælger ikke at besvare) giver ikke mening i denne deltest.</p> <p><b>Score: <math>S=V-F</math>.</b></p>
--	---

Figur 21 Scoreudregning for deltest 1 – 4.

Vi opgjorde elevernes resultater efter ovenstående procedurer og gik derefter i gang med at identificere de 10 % ringest præsterende i hver deltest. Efter vi havde gjort det, foretog vi en optælling for at se, hvor mange elever der gentagne gange lå blandt de 10 % ringest præsterende. Lå eleven blandt de ringest præsterende i 3-4 deltest, blev eleven sendt videre til efterfølgende undersøgelse.

De 10 % ringest præsterende i hver deltest. Sorteret efter færrest antal rigtige i hver deltest:

Del 1	Rigtige	I lået	Del 2	Rigtige	I lået	Del 3	Rigtige	I lået	Del 4	Rigtige	I lået
F3E2	7	8	F3E2	0		F3E2	0		F3E2	0	
F3E6	10	14	F3E3	16	17	F3E42	12	13	F3E56	5	6
F3E10	9	13	F3E19	21	22	F3E44	12	33	F3E59	5	6
F3E14	10	28	F3E44	2	3	F3E54	13	15	F3E66	5	6
F3E18	8	11	F3E64	6	7	F3E56	13	14	F3E69	5	6
F3E19	7	11	F3E71	20	21	F3E57	13	14	F3E73	5	6
F3E20	6	8	F3E73	8	9	F3E69	11	14	F3E77	2	3
F3E27	7	15	F3E77	21	36	F3E71	7	10	F3E78	5	6
F3E38	1		F3E80	20	21	F3E81	10	13	F3E82	5	6
F3E54	7	7	F3E87	22	23	F3E95	13	14	F3E95	5	6
F3E56	9	12	F3E97	21	22	F3E97	11	12	F3E103	5	6
F3E59	8	12	F3E105	16	18	F3E105	12	13	F3E105	5	6
F3E84	9	17	F3E106	11	12	F3E106	11	12	F3E127	4	6
F3E94	6	7	F3E121	2	3	F3E127	13	14	F3E137	4	6
F3E98	8	11	F3E122	9	10	F3E158	13	14	F3E144	5	6
F3E103	9	12	F3E139	14	15	F3E159	9	13	F3E157	3	4
F3E154	8	11	F3E146	5	6	F3E166	13	15	F3E163	5	6
F3E168	6	7	F3E157	21	23	F3E188	2	13	F3E181	5	6
F3E178	9	12	F3E158	12	13	F3E202	13	14	F3E184	5	6
F3E190	8	11	F3E164	8	9	F3E209	11	13	F3E188	0	
F3E192	4	4	F3E188	4	20	F3E211	11	12	F3E219	5	6
F3E206	6	7	F3E229	20	44	F3E229	2	12	F3E229	2	11

Tabel 6 Fase 3 Antal rigtige og antal nået for de 10 % ringest præsterende.

Oversigt over elever som indgår flere gange blandt de 10 % ringest præsterende i en af deltestene:

ID	AN-TAL	DEL-TEST	ID	AN-TAL	DEL-TEST
F3E2	4	1234	F3E57	1	3
F3E105	3	234	F3E202	1	3
F3E188	3	234	F3E81	1	3
F3E229	3	234	F3E42	1	3
F3E56	3	134	F3E159	1	3
F3E69	2	34	F3E209	1	3
F3E127	2	34	F3E211	1	3
F3E66	2	34	F3E121	1	2
F3E95	2	34	F3E139	1	2
F3E77	2	24	F3E80	1	2
F3E157	2	24	F3E146	1	2

F3E73	2	24	F3E87	1	2
F3E97	2	23	F3E64	1	2
F3E158	2	23	F3E122	1	2
F3E71	2	23	F3E3	1	2
F3E44	2	23	F3E6	1	1
F3E106	2	23	F3E14	1	1
F3E59	2	14	F3E10	1	1
F3E103	2	14	F3E18	1	1
F3E54	2	13	F3E20	1	1
F3E19	2	12	F3E27	1	1
F3E184	1	4	F3E38	1	1
F3E219	1	4	F3E94	1	1
F3E181	1	4	F3E84	1	1
F3E78	1	4	F3E178	1	1
F3E163	1	4	F3E190	1	1
F3E82	1	4	F3E168	1	1
F3E164	1	4	F3E98	1	1
F3E144	1	4	F3E154	1	1
F3E137	1	4	F3E192	1	1
F3E166	1	3	F3E206	1	1

Tabel 7. 10 % ringest præsterende i 4 ,3 ,2 eller 1 deltest.

Oversigt over antal rigtige total og antal nået total blandt de elever, som optræder 4 eller 3 gange blandt de 10 % ringeste.



ID	Antal rigtige				Antal nået				Total rigtige	Total nået
	Deltest 1	Deltest 2	Deltest 3	Deltest 4	Deltest 1	Deltest 2	Deltest 3	Deltest 4		
F3E2	7	0	0	0	8	0	0	0	7	8
F3E56	9	27	13	5	12	28	14	6	54	60
F3E59	8	29	15	5	12	30	16	6	57	64
F3E69	16	26	11	5	21	29	14	6	58	70
F3E71	10	20	7	8	14	21	10	10	45	55
F3E77	15	21	16	2	28	36	22	3	54	89
F3E105	16	16	12	5	19	18	13	6	49	56
F3E188	17	4	2	0	46	20	13	0	23	79
F3E229	10	20	2	2	28	44	12	11	34	95

Tabel 8 Resultater fra elever, som optræder blandt de svageste i 3 eller 4 deltest.

Projektgruppen overvejede, hvorvidt der i bedømmelsen skulle indgå vurderinger af antallet af items, som eleverne havde nået, sammenholdt med antal rigtige og/eller antal fejl. Det blev besluttet, at opgørelser af antal rigtige var tilstrækkeligt. Det var ikke relevant at opgøre en kvotient mellem antal rigtige og antal nåede eller mellem antal fejl og antal nåede. Begrundelsen herfor kan eksemplificeres således:

- Havde en elev nået mange opgaver og havde mange rigtige, så ansås eleven ikke i risiko
- Havde en elev nået mange opgaver og havde få rigtige, så ansås eleven i risiko og skulle til samtaletest
- Havde en elev nået få opgaver og havde mange rigtige, så havde eleven få rigtige, og eleven ansås i risiko og skulle til samtaletest
- Havde en elev nået få opgaver og havde få rigtige, så ansås eleven i risiko og skulle til samtaletest.

I analyserne af deltestene viste der sig en diskrepans mellem de elever, som lærerne havde italesat som værende elever i risikogruppe for talblindhed eller i matematikvanskeligheder. Det blev på denne baggrund endnu en gang diskuteret, hvorvidt det var lærernes faglige vurderinger af eleven, som skulle danne udgangspunkt for, om eleven skulle indstilles til test.

### 12.3.5/ Justeringer

Instruktionsvideoerne, som eleverne skulle se, inden de selv skulle foretage testen, var optaget i programmet screen-o-cast. Problemet var bare, at efter videoerne var optaget, blev de lagt op på YouTube, og så linkede @venture til videoerne derfra. Efter eleven så havde set instruktionsvideoen, fik eleven forslag om andre relaterede videoer, som intet havde med talblindhedstesten at gøre. Derfor blev det sat på som en vigtig justering af testen, at videoerne skulle integreres i testen uden forbindelse til YouTube. Derudover kunne eleverne også

se en resultatopgørelse efter gennemførelse af alle testene. Dette var også problematisk, da det ikke var meningen, at eleverne skulle se det, da lærerne ikke kunne give eleverne nogle konkrete svar på, hvorvidt deres præstation havde været god eller dårlig. Som output af testen, havde @venture heller ikke et dataopgørelsessystem, som kunne give os de korrekte, anvendelige data. Deres system opgjorde alle items på et slide som et item. Så i deltest 4, hvor der var 3-5 items, eleverne skulle forholde sig til, ville en fejl på et af de 3-5 items resultere i, at alle de 3-5 items registreredes som fejl. Optælling på elevsvar i deltest 4 blev derfor foretaget internt i projektgruppen.

Den feedback, som vi ønskede at få fra lærerne, omhandlede følgende spørgsmål:

- Hvordan fungerede lærerbrevet med beskrivelsen af testens opbygning?
- Eleverne har gennemført testen på hvilket medie (PC/iPad)?
- Hvordan fungerede testen på mediet (PC/iPad)?
- Hvordan fungerede instruktionsvideoerne for eleverne?
- Var opgaven i den enkelte deltest forståelig og ligetil for eleverne?
- Hvordan vil du karakterisere elevernes arbejde med selve udførelsen af testen?
- Hvor lang tid tog det at gennemføre testen?
- Andet feedback vi skal have med fra jer?

### 12.3.6/ Spørgeskemasvar fra lærerne, fase 3

Fra de ti responderende lærere fik vi feedback blandt andet på, at ikke alle items var repræsenteret i demoen/prøvetesten, hvilket havde forvirret nogle elever.

#### 12.3.6.1/ Feedback i et teknisk perspektiv

80 % havde gennemført testen på PC og 20 % på Chromebooks, så ingen havde afprøvet den på iPad.

70% svarede, at testen fungerede godt og nogenlunde på mediet, mens 30 % har svaret dårligt eller slet ikke.

Der var en vis forvirring over, at der i nogle af opgaverne var to 'næste'-knapper, og det ville nok fungere bedre, hvis 'næste'-knappen sad tættere på billedet, specielt i deltest 1, hvor man kun kan se prikkerne i et sekund. Lærerne kom med råd om, at det kunne være smart, hvis testen automatisk gik videre til næste item, når eleven havde afgivet sit svar. Nogle lærer mente, at det ville ændre elevernes hastighed, hvis de fik lov til at anvende en mus i stedet for touchpaden.

Instruktionsvideoerne var optaget i et program og efterfølgende lagt på YouTube, hvortil der i testen kunne indsættes et link direkte til videoen. Efter at eleverne havde set introduktionsvideoen, poppede der relaterede videoforslag og reklamer op, som intet havde med selve talblindhedstesten at gøre. Dette forvirrede eleverne.

2/3 af eleverne brugte under 45 minutter på gennemførelsen af testen. To lærerrespondenter svarede 90 min og rapporterede problemer med at få adgang til testen. Sådanne tekniske udfordringer var det godt, at lærerne fik lejlighed til at informere os om.

Nogle skoler var endnu ikke registreret i testsystemet, da de skulle tage testen, hvilket selvfølgelig gav problemer med at tilgå testen.

Eleverne skulle skrive hjemmesideadressen igen efter at have afsluttet prøvetesten. Efter eleverne havde set instruktionsvideoerne og udført prøveopgaver, så måtte de logge ind på hjemmesiden igen for at starte selve testen. Dette blev efterfølgende søgt udbedret.

#### 12.3.6.2/ Feedback i et didaktisk perspektiv

Alle lærerne, der besvarede spørgeskemaet, angav, at de fandt testvejledningen forståelig.

90 % svarede, at eleverne havde set videoinstruktionerne og derefter forstået, hvordan de skulle gå til opgaverne.

100 % gav udtryk for, at eleverne arbejdede koncentreret og motiveret med testen.

Deltest 1+4 fandt 2/3 af lærerne ligetil, mens 1/3 fandt dem nogenlunde ligetil, mens flest elever bedst havde forstået deltest 3 og fundet den nem at gå til, og deltest 2 lå lige i midten.

Der manglede indikation på tiden, så nogle elever nåede ikke at afgive svar.

I deltest 1 havde nogle elever ikke forstået, at prikkerne kun var synlige i et sekund.

I deltest 4 så nogle af eleverne ikke, at summen ændrede sig fra 3 til 5. Nogle opgaver var anderledes end dem, som var blevet vist i instruktionsvideoen, så nogle elever skulle bruge tid på at forstå opgaven, og det var uheldigt, når opgaven var på tid.

Tre respondenter kommenterede på resultatsiden, som kom frem, efter at eleverne havde afsluttet testen, at de fandt den uforståelig. Dette var meget u hensigtsmæssigt, da det slet ikke var meningen, at elever eller lærere skulle modtage nogen form for resultater.

Der var mange opgaver med prikker i (Deltest 1 og 3), og det gjorde ifølge lærerne, at nogle elever blev trætte i øjnene af at skulle kigge og forholde sig til så mange prikker.

## 12.4/ Fase 4 – Afprøvning på 1000 elever

### 12.4.1/ Formål

Standardisering og oplæg til scorekriterier af opgavetest ud fra 1.000 elever i 4. klasse.

### 12.4.2/ Indhold og baggrund

Selve testeksperimentet gennemførtes i 2. og 3. kvartal af 2017, og de efterfølgende analyser og bearbejdning af data fandt sted fra 4. kvartal 2017 til 2. kvartal 2018. Da der indtrådte forsinkelser, startede det sent i 2. kvartal, nemlig i maj 2017. Dette gav udfordringer, da skolerne stod midt i eksaminer og planlægning af kommende skoleår. Derfor måtte testeksperimentet udstrække sig til efter sommerferien frem til efterårsferien. Det betød, at testen blev gennemført med elever i afsluttende 4. klasser og nye 5. klasser. Testeksperimentet blev foretaget på forskellige devices: pc, chromebooks og iPad.

### 12.4.3/ Deltagergruppe

Der blev udtrukket et tilfældigt, repræsentativt sample med 60 skoler og 60 replacement-skoler. Sigtet var at nå 1000 elever fordelt på 40 skoler, med en klasse. Den ene klasse udvalgt på hver skole var klassen med lavest benævnelse, altså klasse A, klasse 1 eller klasse I.

54 skoler og 1 027 elever endte med at deltage, så det var tilfredsstillende.

Skolerne blev informeret gennem mailbreve, om nødvendigt med et eller to opfølgende mailbreve og med telefonkontakt.

Kommunikationen med skolerne foregik således:

- 1) Skoler i kategori 1 fik mailbrev A, og gennemførte testen
- 2) Skoler i kategori 2 fik mailbrev 1 og 2, svarede ja, underskrev dataaftale
- 3) Skoler i kategori 3 fik mailbrev 1, 2 og 3, svarede ja, men sendte ikke dataaftale retur
- 4) Skoler i kategori 4 fik mailbrev 1, 2 og 3, svarede ikke, og replacement-skoler blev kontaktet
- 5) Skoler i kategori 5 svarede nej, og replacement-skolerne blev kontaktet.

Mailbreve kan ses i bilag 7 og 8. Dataaftale kan ses i bilag 9.

Den justerede testvejledning, som lærernes skulle anvende, kan ses i bilag 10.

### 12.4.4/ Resultater

Følgende er opgørelser og analyser af deltest 1,2,3 og 4.

Analyserne og resultatopgørelserne er foretaget på items, som har været udsat for Raschanalyse. Der er derfor taget items ud i alle 4 deltest. Dette vil blive nærmere beskrevet i nedenstående kapitel.

Deltest 1 er den test, hvor eleven skal afkrydse, om han/hun ser flest sorte eller gule prikker efter at have set på dem i et sekund. Her er de statistiske opgørelser gjort op efter samme model som i fase 3 (se figur 23) i antal rigtige (scoren), fejl, oversprungne og antal nåede.

Deltest 2 er den test, hvor eleven skal markere det største tal vist ved talsymbolsrepræsentation. Her er de statistiske opgørelser gjort op efter samme model som i fase 3, i antal rigtige (scoren), fejl, oversprungne og antal nåede.

Deltest 3 er den test, hvor eleven skal svare på, om antallet af prikker svarer til det viste talsymbol. Her er de statistiske opgørelser gjort op efter samme model som i fase 3, i antal rigtige (scoren), fejl, oversprungne og antal nåede.

Deltest 4 er den test, hvor eleven skal finde alle de bokse, som har summen henholdsvis 3,5 og 9. Det er forskellige kombinationer af tal og figurer (prikker, romber, trekanter), som eleverne skal summere, henholdsvis symbol-symbol, figur-symbol og figur-figur. Derudover varierer det, om det er to eller tre felter, som skal lægges sammen. Scoren er her opgjort som en optælling af rigtige og fratrukket fejl. Antal oversprungne eksisterer ikke i denne test, kun rigtige og forkerte. Derudover er der også foretaget opgørelser over antal nåede.

#### 12.4.4.1/ Raschanalyser af deltest 1-4

Opgaverne i hver af deltestene er konstrueret med henblik på at måle én bestemt matematikfærdighed hos eleverne og kunne pege på specifikke talblindhedstræk. For at dette kan lade sig gøre ved målinger, der udføres ved hjælp af skalaer, stilles der set fra en psykometrisk vinkel et krav om éndimensionalitet, dvs. et krav om, at hver opgave bidrager på lige fod til en samlet elevscore, antallet af rigtige besvarelser, som derefter er målet for elevfærdigheden.

Grundlaget for en sådan analyse af skala er en omfattende kontrol af, om den statistiske Rasch Model passer på de indsamlede svar på opgaverne. Det empiriske udgangspunkt er data, skematisk gengivet i følgende tabel.

Elever	Opgaver						Elevscore ( $r_v$ )
	Opg. 1	Opg. 2	Opg. 3	Opg. l	.	Opg. k	
1	1	0	1	1	1	0	$a_1$
2	0	1	1	0	0	1	$a_2$
3	1	1	0	1	1	0	$a_3$
.					.		
V	1	0	1	$a_{vi}$	.	1	$a_v$
II	1	1	0	$a_{Ni}$	.	0	$a_N$
Item score ( $s_i$ )	$a_1$			$a_i$	.	$a_k$	$a_.$

Tabel 9 Registrering af elevsvar.

Tabel 9 sammenfatter N elevers svar på  $k$  opgaver, som prøven består af. Elev nr. 1 har svaret rigtigt på opgave nr. 1 (1), forkert på opgave nr. 2 (0) osv., idet man benytter *kodningen* 1 = 'rigtig besvarelse', 0 = 'forkert besvarelse'. I alt har elev nr. 1 haft et antal rigtige besvarelser:  $a_1$ , som er *elevscoren*. Man kan bemærke, at med en scoring 1/0 for rigtig/forkert besvarelse sikrer man sig en "nem" måde at beregne scoren på, nemlig som *summen* af de kodede besvarelser. Der er tale om, at selve besvarelsen 'rigtig' eller 'forkert' i virkeligheden er et *kategoriseret udfald* uden numeriske værdier knyttet til sig.

I tabel 9 har elev nr. 1 svarmønstret (1,0,1,1,1,0) – til forskel fra elev nr. 3, som har svarmønstret (1,1,0,1,1,0). Begge elever har fire rigtige i alt – elevscoren  $a_v$  er lig med 4 – og man kan betragte de to besvarelser som 'forskellige' eller 'ens' afhængig af, om man noterer sig svarene på de enkelte opgaver, eller om man alene vælger at se på antallet af rigtige svar, elevscoren.

På trods af at opgavebesvarelserne har et diagnostisk formål, der synes at placere den enkelte elev i en kategori helt for sig selv, defineret ved hjælp af mønstret af 1'ere og 0'er hen over de  $k$  opgaver, er der overordnet tale om, at man ønsker at kunne sammenligne eleverne ud fra en simpel *rangordning alene* ved hjælp af elevscorene.

Mulighederne for at kunne foretage sådanne simple sammenligninger alene ud fra antallet af korrekte svar (elevscoren) blev af G. Rasch (Rasch,1968) 'oversat' til et krav om, at data indeholdt i tabel 9 *skal* kunne beskrives ved hjælp af den såkaldte Rasch Model.

Følgende (logistiske) én-parameter model er den simpleste og mest krævende model af Rasch modellerne:  $\theta_1, \dots, \theta_n$  måler opgavernes sværhedsgrader, og  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  måler elevernes

færdigheder. Med disse to sæt teoretiske mål (sværhed =  $\theta_i$  og færdighed =  $\sigma_v$ ) er sandsynligheden for et korrekt svar til item nr.  $i$  fra elev nr.  $v$  (dvs.  $a_{vi}=1$ ) følgende (1):

$$p(a_{vi} = 1) = \frac{e^{\theta_i + \sigma_v}}{1 + e^{\theta_i + \sigma_v}} \quad (1)$$

Denne model er speciel blandt mængden af IRT (Item Response Theory) modeller. Det skyldes bl.a., at Rasch (1968) viste, at tre følgende udsagn er ækvivalente: (i): elevscorene (og itemscorene) udtømmer *al* viden om 'sværhed' og 'dygtighed' (sufficiens), (ii): Det er muligt at sammenligne elevfærdigheder med en hvilken som helst subgruppe af items (skal føre til samme resultat) og (iii) Rasch modellen er en gyldig statistisk beskrivelse af data i tabel 1.

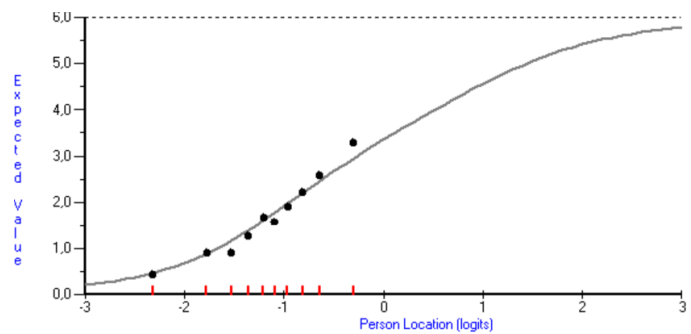
Den første egenskab kan kaldes en 'validering' af den praktiske anvendelse af elevscorene og en markering af, at der ikke er mere information at hente vedrørende eleven, selv om man ser på de enkelte opgavesvar. Elevscoren er tilstrækkelig!

Den anden egenskab kaldes 'specifik objektivitet' og er ekstremt anvendelig ved testsituationer, hvor ikke alle elever besvarer de samme opgaver.

Rent praktisk kontrolleres Rasch modellens gyldighed (iii) ved at studere de såkaldt item karakteristiske kurver ICC( $\sigma_v$ ):

$$ICC_{\theta} = \text{Prob}(a_{vi} = 1, \sigma_v, \theta) \quad (2)$$

Disse kurvers S-form skal se ud på en bestemt måde, for at modellen har gyldighed. Et eksempel fra deltest 1 er givet herunder, X-aksen er elevens latente dygtighed og Y-aksen er ICC-kurven, dvs. sandsynligheden for et korrekt svar (her transformeret til værdier mellem 0 og 6)



Figur 22 Rasch-analyse af deltest 1.

Undertiden benyttes den såkaldte to-parameter (logistiske) Rasch model (3), hvis ikke den simple én-parameter model viser sig at have gyldighed (Lord and Novick, 1968):

$$p(a_{vi} = 1) = \frac{e^{\delta_i(\theta_i + \sigma_v)}}{1 + e^{\delta_i(\theta_i + \sigma_v)}} \quad (3)$$

I model (3) indgår item diskriminations parametre  $\delta_1, \dots, \delta_n$  ved siden af itemparametrene, de markerer hældninger på de itemkarakteristiske kurver ICC's og skal estimeres som et 'ekstra' sæt parametre sammen med  $\theta$  - og  $\sigma$  parametre. Jo stejlere en ICC kurve er, jo bedre diskrimineres mellem naboværdier af elevfærdigheder. Modellen (3) reduceres til den simple model (1), hvis alle itemdiskriminationer er lig med 1:  $\delta_i=1$ .

#### 12.4.4.2/ Beregning af elevfærdigheder

Elevfærdighederne  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  i matematik skal beregnes, og det er i princippet dem, der indgår i normer fra den anvendte test. Det er også muligt at opstille normfordelinger ud fra elevernes scorerer. Sammenhængen mellem simple elevscorer og Rasch scorer  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  er ikke lineær, og derfor behandles numeriske 'afstande' mellem elever forskelligt, afhængig af om man ser på elevscorer eller Rasch scorerer.

Itemparametrene estimeres først, før man estimerer elevernes færdighedsniveauer  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$ . Det foregår ved at indsætte de estimerede itemparametre  $\theta_1, \dots, \theta_k$  i følgende (Maximum Likelihood) ligning :

$$r = \sum_{i=1}^K \frac{e^{\theta_i + \sigma_v}}{1 + e^{\theta_i + \sigma_v}} \quad r = 1, \dots, K - 1$$

Venstresiden  $r$  angiver elevscoren. Der er ikke løsninger til ligningen for  $r=0$  og  $r=k$ , altså for 'ingen korrekte besvarelser' eller for 'alt rigtigt'.

Vurdering af specifikke elevsvar kan desuden finde sted ved at se på følgende sandsynlighed for at få en given svarekvens  $(a_{v1}^{(0)}, \dots, a_{vK}^{(0)})$ , givet at eleven har  $a_v^{(0)}$  rigtige i alt:



$$P = \sum_{\Omega} p((a_{v1}, \dots, a_{vK}) | a_v^{(0)})$$

$$\Omega = \left\{ (a_{v1}, \dots, a_{vK}) \mid p(a_{v1}, \dots, a_{vK} | a_v^{(0)}) \leq p(a_{v1}^{(0)}, \dots, a_{vK}^{(0)} | a_v^{(0)}) \right\}$$

Hvis sandsynligheden er mindre en 0.05, bør man se efter, hvad der kunne være årsagen. Det kunne dække over, at der er såkaldt 'lokal' afhængighed i svarene til de enkelte items. Altså at et svar på ét item kan afhænge af, om der er svaret rigtigt eller forkert på det foregående item.

Den præcision, hvormed elevernes matematikfærdigheder estimeres, afhænger først og fremmest af antallet af opgaver, som eleven besvarer. En tommelfingerregel, som følges flere steder, er, at eleverne mindst skal besvare et antal opgaver, således at *standard error of measurement* (SEM) er mindre end ca. 0.3. Denne størrelse regnes simpelt ud fra følgende relationer

$$V = \sum_{i=1}^K \frac{e^{\theta_i + \sigma_v}}{(1 + e^{\theta_i + \sigma_v})^2} \quad \text{SEM} = 1/\sqrt{V}$$

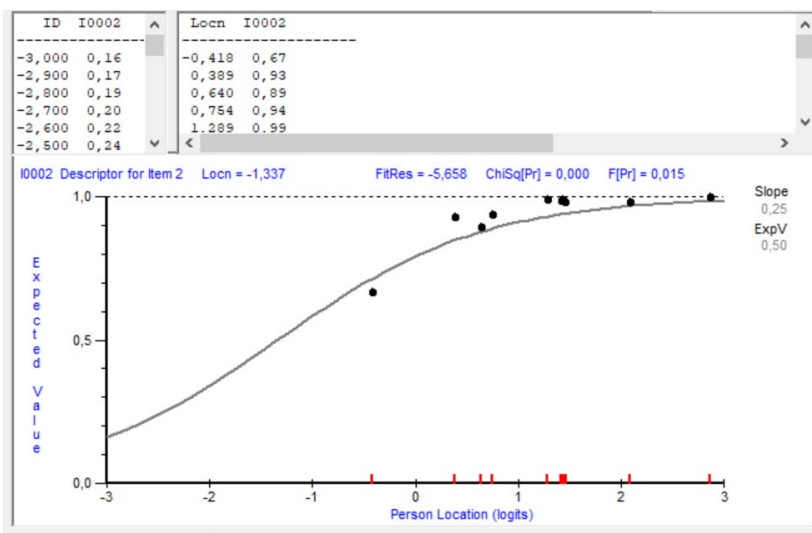
Fortolkningen af den beskrevne målefejl (error of measurement) refererer til, at eleven 'gentager' besvarelser over flere items.

Umiddelbart skulle man tro, at en beregning af en tilsvarende 'fejl' på beregningen af elevens løsningshastighed ville være umulig, fordi der her alene er et samlet antal besvarede og en anvendt tid til rådighed. Men for hver elev findes der i den digitale opsamling af data en række angivelser af, hvor langt eleven er nået efter et bestemt antal sekunder. Disse oplysninger kunne som antydnet ovenfor omregnes til mål for elevens løsningshastighed. Vi har dog i stedet for anvendt et indirekte mål for hastighed, nemlig antal nåede opgaver ved hvert enkelt deltest.

#### 12.4.4.3/ Resultater af homogenitetsanalyserne

De statistiske analyser viser, at der er items, som må ekskluderes fra sættet for at få Rasch modellen til at passe, men efter dette er sket, lever deltest 1,2,3 og 4 op til

gængse psykometriske krav vedrørende reliabilitet og validitet, og opgaverne udgør derfor et homogent grundlag til at bygge skalaer til måling af matematikfærdigheder med. Deltestene producerer mål for elevernes løsningsikkerhed, som er tilfredsstillende set i forhold til gængse krav om lavt usikkerhedsniveau på de opnåede mål.



Figur 23 Deltest 1, Raschanalyse af items, ICC graf.

DIF Summary Statistics [significance level below Bonferroni probability adjustment of 0.000641 is highlighted]

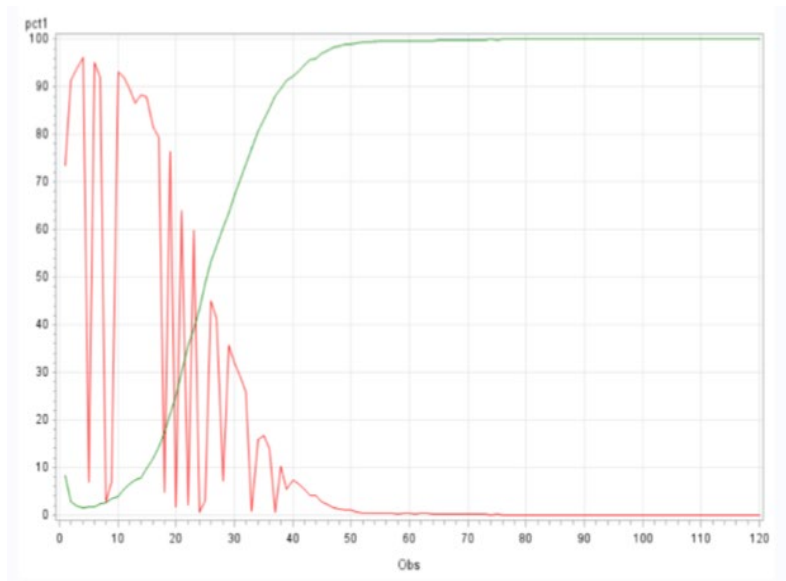
No.	Item	Class Interval				geo				Class Interval -by- geo			
		MS	F	DF	Prob	MS	F	DF	Prob	MS	F	DF	Prob
1	I0002	1.02615	2.38254	9	0.011461	1.45975	3.38928	7	0.001382	0.54485	1.26504	62	0.086268
2	I0003	0.96030	3.07455	9	0.001206	0.31323	1.00286	7	0.427582	0.56466	1.80784	62	0.000206
3	I0004	1.05233	1.86573	9	0.053549	0.35903	0.63655	7	0.725873	0.64088	1.13626	62	0.225076
4	I0005	19.67955	15.90478	9	0.000000	0.33329	0.26936	7	0.965746	1.45354	1.17474	62	0.173014
5	I0006	0.68623	1.85690	9	0.054891	0.74343	2.01166	7	0.050920	0.58309	1.57779	62	0.003662
6	I0007	1.70278	5.27605	9	0.000000	0.37881	1.17373	7	0.315112	0.38689	1.19876	55	0.157139
7	I0008	11.34310	8.06336	9	0.000018	1.28274	0.91185	7	0.496346	1.85779	1.32063	62	0.053253
8	I0009	9.78877	9.26622	9	0.000000	0.88259	0.83548	7	0.557879	0.88298	0.83585	62	0.812292
9	I0010	0.99816	2.44885	9	0.009327	0.26166	0.64195	7	0.721334	0.35019	0.85914	62	0.771948
10	I0011	0.90494	1.62674	9	0.103150	1.06390	1.91248	7	0.064571	0.55282	0.99376	62	0.491894
11	I0012	0.65540	1.39194	8	0.195879	0.20904	0.44397	7	0.874546	0.49606	1.05352	55	0.372569
12	I0013	0.82468	2.18465	9	0.021114	0.35783	0.94793	7	0.468464	0.41509	1.09962	62	0.283878
13	I0014	1.34856	3.06538	9	0.001251	0.34047	0.77391	7	0.609325	0.58085	1.32032	62	0.053825
14	I0015	0.41284	1.37549	9	0.194781	0.32906	1.09634	7	0.363303	0.20904	0.68315	62	0.970258
15	I0016	2.25254	4.47174	8	0.000035	0.13914	0.27622	7	0.963244	0.67956	1.34113	55	0.053404
16	I0017	1.24447	2.90474	8	0.003361	0.45342	1.05833	7	0.388705	0.39144	0.91367	55	0.653293
17	I0018	7.27731	8.41985	8	0.000019	1.11025	1.28456	7	0.254880	0.54757	0.63954	55	0.982497
18	I0019	0.14617	0.40779	8	0.916410	0.16870	0.47063	7	0.856116	0.36563	1.02004	55	0.437462
19	I0020	8.66411	5.66256	8	0.000000	0.74874	0.48935	7	0.842660	1.72901	1.13002	55	0.247025
20	I0021	2.52249	5.87828	8	0.000009	0.09741	0.22699	7	0.978912	0.42421	0.98855	48	0.497325
21	I0022	2.26245	2.86336	8	0.003936	0.89580	1.13373	7	0.339987	0.83914	1.06202	51	0.362533
22	I0023	1.11185	1.84673	8	0.066064	0.18283	0.30367	7	0.952234	0.64209	1.06648	47	0.358404
23	I0024	2.49592	1.58323	8	0.126876	1.02079	0.64752	7	0.716545	1.62323	1.02966	46	0.422448
24	I0025	2.89660	3.91379	7	0.000357	0.63600	0.85934	7	0.538709	1.01348	1.36938	44	0.062778
25	I0026	0.57467	2.26614	6	0.036433	0.42955	1.69386	7	0.108571	0.74242	2.92765	39	0.000000
26	I0027	0.60580	1.37272	6	0.224287	0.18855	0.42725	7	0.885169	0.50659	1.14792	36	0.261513

Select Level of Precision: Bonferroni: N=78 Prob=0.000641 No adjust 0.05

Tabel 10 Deltest 1, differential item functioning analyse.

To delanalyser af opgaverne i deltest 1 illustrerer, hvorfor opgaver måtte tages ud. Første graf ICC har punkterne liggende langt fra den rette linje og viser dermed dårlig tilpasning af data til Rasch modellen. Den anden illustration opsamler analyserne vedrørende *Differen-*

tial Item Functioning (DIF), og selv om der laves Bonferoni-justeringer af signifikanssandsynlighederne, er det klart (især fra de markerede opgaver), at test for homogenitet over forskellige niveauer af elevernes færdighedsniveau (scorer) falder negativt ud.



Figur 24 Deltest 1, hyppighed af korrekte svar.

I dette tilfælde afbildes (Y-akse) hyppigheden af korrekte svar (rød) mod observationsnummer (X-akse). Den grønne indlagte linje repræsenterer hyppigheden af 'ej besvarede'. Det er den røde linje, som antyder stærkt svingende muligheder/chancer for rigtigt svar i modsætning til billedet ved en normal test. Der er stort sammenfald mellem de opgaver, som her 'stikker ud', og de opgaver, som ikke passer med Rasch modellen.

Det er på denne baggrund, at nogle items er blevet taget ud efter afprøvning.

## 12.4.5/ Justeringer

Vi foretog evaluering af gennemførelsen af testen ved et digitalt spørgeskema til de deltagende lærere.

### 12.4.5.1/ Spørgeskemasvar fra lærerne, fase 4.

Vi fik 24 respondenter på dette spørgeskema.

#### 12.4.5.2/ Feedback i et teknisk perspektiv

Testen er blevet afprøvet på PC, iPad og Chromebooks. 79 % af lærerne svarede, at testen fungerede godt. Hos de sidste 21 % havde eleverne ikke set videoerne, da de oplevede, at videoerne ikke virkede eller ikke kunne finde dem.

Flere lærere kommenterede, at der manglede billeder i prøveopgaverne, en lærer: at det er i deltest 1. Andre har sagt, at videoerne ikke virkede eller ikke kunne findes. Det forvirrede eleverne. Årsagen til dette kan være en teknisk fejl, der er forekommet. En del har oplevet det, men langt fra alle, så det er på ingen måde konsekvent, at billeder i prøveopgaver ikke har kunnet ses, hvilket giver os mistanke om, at det kan skyldes manglende opdateret java-software på skolerne.

To lærere gav feedback på, at testen ikke var helt kompatibel med Windows10, men dette har vi ikke kunnet undersøge nærmere.

En af de seks lærere, der har givet feedback, og hvis elever havde foretaget testen på iPad, svarede, at testen fungerede dårligt på mediet. Den uddybende kommentar lød: *"Rigtig fint testmateriale, men forvirrende for eleverne. Opstillingen kunne godt være noget bedre, og det hackede meget."* En anden lærer, hvis elever også havde brugt iPad, svarede, at deltest 1 var ligetil, deltest 2 nogenlunde ligetil, og deltest 3 og 4 var besværlige på iPad, men at testen som helhed fungerede godt. De fire øvrige respondenter svarede, at testen fungerede godt på iPad.

Der var en del forvirring over de to 'næste'-knapper på skærbillederne. Fire lærere berettede i spørgeskemaet desuden om internetproblemer under testningen. Katrine Kirsted fra projektgruppen gennemførte testen med elever på Dragør Skole Nord, og her var der meget ringe forbindelse ved testningen. Her virkede det som om, at det var skolens internet, som svigtede, men eftersom flere lærere fra andre skoler havde samme tilbagemelding, kan man undres over en mere generel teknisk fejl. Eleverne kunne ikke få lov at logge på testen, og andre oplevede bare en meget langsom test, hvor de kun nåede at besvare fx tre opgaver. En elev havde en kommentar om, at hun blev træt i øjnene af alle prikkerne.

73 % af lærerne havde fundet lærerbrevet (testvejledningen) fint forståeligt, resten svarede nogenlunde forståeligt, og en enkelt havde ikke set noget lærerbrev. Selvom der kun blev foretaget få justeringer i lærerbrevet fra foregående afprøvning, virkede det som om, at lærerbrevet ikke fungerede lige så godt. Årsagen hertil kan være, at der var mange breve og beskeder i omløb samt en vis forvirring omkring hele processen med skolernes modtagelse og underskrift af dataaftalen.

### 12.4.5.3/ Feedback i et didaktisk perspektiv

96 % af lærerne svarede, at eleverne arbejdede koncentreret og motiveret under testningen. En lærer svarede, at eleverne var ukoncentrerede og umotiverede, og samme lærer skrev, at eleverne ikke så instruktionsvideoerne før selve testen. Efter vores vurdering kunne det have medvirket til den manglende motivation, at eleverne ikke vidste, hvad de skulle gøre i testen.

Deltest 1 og 2 har ifølge lærerne fungeret bedst, mens deltest 3 og 4 har været en smule vanskelige at sætte sig ind i for eleverne.

En lærer angav et ønske om en tydeligere markering af den svarmulighed, som eleven har valgt i deltest 2.

Fire lærere kommenterede, at de havde elever, som blev forvirrede i deltest 4. Nogle elever fangede ikke, at der kunne være flere rigtige svar til en opgave, mens andre ikke lagde mærke til, at summen ændrede sig: *"Deltest 4 – var sværere at holde øje med, da sumtal skiftede undervejs – og der kunne være flere end en afkrydsning."*

Testvejledningen havde fungeret ifølge godt 72 % af tilbagemeldingerne fra lærerne, og 92 % af lærerne angav en gennemførelse af testen på under 45 minutter.

En enkelt lærer kommenterede på farverne på prikkerne i deltest 1 og mente, at den gule farve gik i et med den grå baggrund.

Derudover har kommentarerne lydt, at det var godt med prøvetesten inden selve testen. Endelig blev der udtrykt ønsker om oplæsning af spørgsmål til læsesvage og om nedtælling inden testens start, i stedet for at den starter med det samme.

## 13.0 Afsluttende kommentarer til den digitale test

### 13.1/ Systembeskrivelse og funktionslogik af den digitale test.

Udvikling af ren digital kvantitativ testløsning, som kan leveres som systembeskrivelse for talblindhedstest indeholdende funktion og forretningslogik, skærbilleder eller skitser af ønskede skærbilleder, integrationer og overvejelser om databeskyttelse. Det af projektet anvendte digitale testsystem kan ikke direkte overføres som funktionel digital test. Systematisk samtaletest omfatter ikke generelle kognitive elementer. Test af eventuelle generelle læringsvanskeligheder bør udføres af PPR (før eller efter), indtil der er mere sikker viden om talblindhed.

### 13.2/ Udvalgelse af elever til samtaletest

Eleverne fra 10 skoler, hvor vi måtte formode, at for mange elever så ud til at være i risiko for talblindhed (se nedenfor), og 15 elever, som ikke havde gennemført testen, samt tre elever med uidentificerbart Unilogin blev taget fra for at foretage et nyt udtræk af elever.

Efter at disse blev taget ud, havde vi et sample på i alt 840 elever, i stedet for 1.032 elever.

Derefter blev det besluttet på baggrund af internationale anbefalinger at arbejde med cut-off-scorer svarende til mellem 7 % og 10 % elever i den enkelte deltest. Efter samme princip som tidligere blev de elever, som var blandt en bestemt procentdel af de ringest præsterende i tre eller fire test, taget ud. Det gav os et udtræk på et antal elever, som kunne kategoriseres som værende i risikogruppen for talblindhed, og som skulle gennemføre samtaletesten.

Vi har først set på elevernes scorer ud fra 10 % percentilen, de 10 % ringest præsterende elevers maksimale score i hver deltest. Cuttet har angivet en score ud for en elev, hvorefter vi har medtaget alle andre elever med samme score. Cut-off-scoren for hver deltest har ligget ved:

Del 1	12 point
Del 2	30 point
Del 3	16 point
Del 4	34 point

For selve udviklingsprojektet gav dette cut os 80 elever, hvilket var for mange i forhold til projektets ressourcer til gennemførelse af samtaletest på alle. I stedet valgte vi at se på 7 %-percentilen, hvormed 30 elever blev identificeret med følgende cut-off-scorer:

Del 1	11 point
Del 2	29 point
Del 3	15 point
Del 4	31 point

Vi kan ikke udelukke risikoen for, at der på denne måde i udviklingsprocessen var falsk negative, altså talblinde elever, der ikke diagnosticeredes.

I analysen af testens statistiske egenskaber har vi vurderet, at der på nogle skoler i første omgang var identificeret 'for mange' (=urealistisk mange) elever i risikogruppe for talblindhed. Vi vurderede, at det for enkelte klasser var målefejl, der lå til grund for urealistisk mange set i sammenhæng med internationale standarder. Derudover havde en fra projektgruppen deltaget ved testgennemførelsen på en af skolerne og var her vidne til en række udfordringer under testgennemførelsen. Personen fra projektgruppen underviste selv klassen og kendte dermed elevernes faglige niveau, og resultaterne for nogle af eleverne stemte ikke overens med, at de skulle være i risikogruppen for talblindhed. Data fra disse klasser blev derfor taget ud af de efterfølgende statistiske analyser af testens kvaliteter.

De observerede problematikker bestod i, at enkelte computere var længe om at starte op, og mange elever havde svært ved at få adgang til selve testsiden. Selvom eleverne havde skrevet den korrekte internetadresse ind til testsiden, blev computerne ved med at load. Vi er blevet oplyst om, at fx halvdelen af klassen efter lang ventetid kom ind til testen; men selv under opstarten af de enkelte test var ventetiden meget lang, inden eleverne kunne gå i gang. Den dårlige forbindelse medførte også, at computerne var længe om at load de enkelte opgaver, hvilket har resulteret, i at nogle elever ikke nåede særlig mange opgaver. Om det var skolens lokale netværk blandet med dårligt IT-udstyr eller dårlig forbindelse til serveren, hvorpå testen lå, eller der var overbesøg i dette tidsrum af mange elever på en gang, kan vi ikke afgøre.

Feedbacken fra lærernes afprøvning af den digitale test lyder også, at der har været tekniske udfordringer for flere skoler:

Lærer 1: *"Det gik fint og kvikt for de fleste elever. Jeg tror, det var skolens internet, der drillede for enkelte andre. De måtte efter nogle forsøg udskyde testen, fordi forbindelsen tilsyneladende svigtede."*

Lærer 2: *"Rigtig fint testmateriale, men forvirrende for eleverne. Opstillingen kunne godt være noget bedre, og det hakkede meget."*

Lærer 3: *"Nogle elever mistede internetforbindelsen. Når de loggede på igen, skulle de starte forfra. Det ville være smart, om testen automatisk gemte besvarelsen, og man kunne fortsætte derfra, hvor man var kommet til."*

### **13.3/ Cut-off-score i den digitale test i tragt 2**

En cut-off-score angiver, hvor høj score en elev maksimalt må opnå for at fortsætte i testbatteriet, dvs efter tragt 2 at deltage i samtaletesten i tragt 3.

De endelige cut-off-scoringer for hver af de fire deltest og det endelige samlede kriterium er blevet fastlagt til sidst i projektforsøget. De er blevet fastlagt efter de 30 samtaler og de 10 PPR-vurderinger. Dette beskrives dybtgående i det følgende 13.3.1 – 13.3.4 og med eksempler i 13.4.

Ved fastlæggelsen af de endelige cut-off-scoringer har vi ønsket at undgå falsk negative udpegninger, altså at en talblind elev ikke går videre til samtaletesten. Det fremgår i det følgende, hvilke cut-off-scoringer vi derfor har forhøjet.

I det følgende betegnes de 20 elever der deltog i samtale, men ikke i PPR-vurdering som 'Samtale 1 elever', og de 10 elever der deltog i samtale og i PPR-vurdering betegnes som 'Samtale 2 elever'.

Betingelsen for at gå videre til samtaletest er endvidere, at kriteriet opfyldes for mindst tre ud af de fire deltest.

#### **13.3.1/ Deltest 1**

For at bestemme cut-off-score for hver deltest i den endelige testudgave har vi set på elevernes samlede scorefordeling og holdt den op imod samtalegruppe 1 og 2. Når vi belyser det samlede antal elevers scorefordeling i deltest 1, fordeler det sig som følger, hvor N angiver antal elever og F den procentdel, som dette antal udgør af det samlede sample:



<b>Score</b>	<b>Kumuleret N</b>	<b>Kumuleret F</b>
<b>10</b>	48	5,72%
<b>11</b>	63	7,51%
<b>12</b>	88	10,49%
<b>13</b>	136	16,21%
<b>14</b>	196	23,36%
<b>15</b>	307	36,59%

**Tabel 11 Procentfordeling over scorer i deltest 1.**

slut_score_del1 Samtale 1 (20 elever)	slut_score_del1 Samtale 2 (10 elever)
2	3
4	6
6	7
6	7
7	8
7	8
7	11
8	11
9	11
9	15
10	
10	
10	
11	
12	
12	
13	
14	
15	
15	

**Tabel 12 Samtale 1 og 2 elevers score i deltest 1.**

Når vi sammenholder scorer for elever fordelt på samtale = 0, 1 og 2 med tabellen for scorer-nes kumulerede frekvens, ses det, at nogle af de oprindeligt identificerede elever i risiko for talblindhed i gruppe 1 og 2 udgår. Her blev hensynet til at undgå falsk negative overvejet, altså at undgå at testen ikke udpeger en talblind elev:

- Ved en cut-off-score på 11 ved de ca. 7,5 % falder syv af vores 30 elever fra, seks fra samtale 1 gruppen og en fra samtale 2.
- Ved en cut-off-score på 12 ved de ca. 10,5 % falder fem af vores 30 elever fra, fire fra samtale 1 gruppen og en fra samtale 2.

Det blev derfor bestemt, at scoren for deltest 1 kommer til at ligge ved 10 %-percentilen med scoren 12.

### 13.3.2/ Deltest 2 i tragt 2

Når vi belyser det samlede antal elevers scorefordeling i deltest 2, fordeler det sig som følger:

Score	Kumuleret N	Kumuleret F
28	55	6,56%
29	68	8,10%
30	83	9,89%

Tabel 13 Procentfordeling over scorer i deltest 2.

slut_score_del2 Samtale 1 (20 elever)	slut_score_del2 Samtale 2 (10 elever)
15	5
16	18
18	22
19	22
21	24
22	25
22	29
23	29
25	32
27	42
27	
27	
28	
28	
29	
29	
31	
32	
36	
39	

**Tabel 14 Samtale 1 og 2 elevers score i deltest 2.**

Når vi sammenholder vores samtalegruppers scorere med tabellen for scorerens kumulerede frekvens, får vi at:

- Ved en cut-off-score på 28 ved de ca. 7 % falder 10 af vores 30 elever fra, seks fra samtale 1 gruppen og fire fra samtale 2.
- Ved en cut-off-score på 30 ved de ca. 10 % falder seks af vores 30 elever fra, fire fra samtale 1 gruppen og to fra samtale 2.

Det blev derfor bestemt, at scoren for deltest 2 kommer til at ligge ved 10 %-percentilen med scoren 30.

### 13.3.3/ Deltest 3 i tragt 2

Score	Kumuleret N	Kumuleret F
14	47	5,60%
15	68	8,10%
16	106	12,63%

Tabel 15 Procentfordeling over scorer i deltest 3.

slut_score_del3 Samtale 1 (20 elever)	slut_score_del3 Samtale 2 (10 elever)
2	10
4	10
8	10
11	12
12	13
12	13
12	14
12	14
12	15
14	15
14	
14	
15	
15	
15	
15	
17	
17	
25	
26	

**Tabel 16 Samtale 1 og 2 elevers score i deltest 3.**

Når vi sammenholder vores samtalegrupperes scorer med tabellen for scorerens kumulerede frekvens, får vi at:

- Ved en cut-off-score på 14 ved de ca. 6 % falder 10 af vores 30 elever fra, ni fra samtale 1 gruppen og en fra samtale 2.
- Ved en cut-off-score på 15 ved de ca. 8 % falder fire af vores 30 elever fra, fire fra samtale 1 gruppen og nul fra samtale 2.

- Ved en cut-off-score på 16 ved de ca. 13 % falder fire af vores 30 elever fra, fire fra samtale 1 gruppen og nul fra samtale 2 – altså det samme som ved score 15.

Det blev derfor bestemt, at scoren for deltest 3 kommer til at ligge ved 13 %-percentilen med scoren 16.

#### 13.3.4/ Deltest 4 i tragt 2

Score	Kumuleret N	Kumuleret F
30	59	7,02%
31	66	7,86%
32	72	8,57%
33	81	9,64%
34	92	10,95%

Tabel 17 Procentfordeling over scorer i deltest 4.

slut_score_del4 Samtale 1 (20 elever)	slut_score_del4 Samtale 2 (10 elever)
6	-6
10	18
18	19
19	22
20	26
25	28
26	29
28	29
28	45
28	51
28	
28	
30	
30	
32	
37	
37	
38	
43	
54	

**Tabel 18 Samtale 1 og 2 elevers scorer i deltest 4.**

Når vi sammenholder vores samtalegrupperes scorerer med tabellen for scorerens kumulerede frekvens, får vi at:

- Ved en cut-off-score på 30 ved de ca. 7 % falder otte af vores 30 elever fra, seks fra samtale 1 gruppen og to fra samtale 2.
- Ved en cut-off-score på 32 ved de ca. 9 % falder syv af vores 30 elever fra, fem fra samtale 1 gruppen og to fra samtale 2.



- Ved en cut-off-score på 33 ved de ca. 10 % falder syv af vores 30 elever fra, fem fra samtale 1 gruppen og to fra samtale 2 – altså det samme som ved scorecut 32.

Det blev derfor bestemt, at scoren for deltest 4 kommer til at ligge ved 10 %-percentilen med scoren 33.

Opsummerende ses der i nedenstående de definerede cut-off-scoringer for hver deltest. Hvis eleven i tre af de fire deltest scorer den angivne score eller under den angivne score, så får eleven tilbudt at deltage i samtaletesten.

- Deltest 1 cut-off-score 12
- Deltest 2 cut-off-score 30
- Deltest 3 cut-off-score 16
- Deltest 4 cut-off-score 33

### 13.4/ Eksempler på scoring

Her er fire eksempler på, hvordan scorerne fra fire elever kunne se ud.

Elev	Score deltest 1	Score deltest 2	Score deltest 3	Score deltest 4
X1	14	29	12	30
X2	10	35	14	42
X3	7	25	13	28
X4	30	55	28	40

Tabel 19 Eksempler på scoreopgørelser.

I dette eksempel vil resultaterne være:

X1: Ligger på eller under cut-off-scoringer i del 2,3 og 4 = til samtaletest.

X2: Ligger på eller under cut-off-scoringer i del 1 og 3 = ikke til samtaletest.

X3: Ligger på eller under cut-off-scoringer i del 1, 2, 3 og 4 = til samtaletest.

X4: Ligger over cut-off-scoringer i alle deltest = ikke til samtaletest.

## 14.0 Samtaletesten

Samtaletesten udgør en bro mellem neurokognitive perspektiver og matematikdidaktiske perspektiver (Lindenskov & Lindhart, 2018), hvor netop behovet for at sammenknytte og udnytte forcer i begge paradigmer blev understreget af Ingemar Holgersson (2015).

### 14.1/ Præsentation af samtaletesten – tragt 3

Samtaletesten udgør den tredje tragt i tragtmodellen. Dens formål er at undersøge, om og hvordan de påviste kognitive udfordringer kommer til udtryk i elevens matematiklæring. Samtalen kan afklare, om eleven har udviklet kompenserende strategier, så de påviste kognitive udfordringer ikke har betydning for matematiklæringen, og om den kan afklare tegn på meget lavt fagligt selvværd eller angst for matematik.

Samtaletesten starter med en kommunikation mellem testlærer og elev om elevens egenoplevelser og holdninger. Hensigten er at få et indtryk af, hvordan eleven oplever sine præstationer i matematik – såvel anvendt i hverdagen som i matematikundervisningen.

Kommunikationen igangsættes med angivne spørgsmål, som læreren stiller mundtligt, og som eleven svarer på – om elevens egen opfattelse af sine matematiske evner og om holdninger til faget. Testlæreren foretager egne notater knyttet til elevens svar og supplerer evt. med spørgsmål, som er relevante at stille i forlængelse af elevens svar. Denne første del har et tidsomfang på maks. 10 minutter. Der foretages ingen score i denne første del, men det udgør en vigtig baggrundsviden i den endelige vurdering.

Samtaletestens anden del har til formål at få et billede af elevens præstationer ved talbehandling, regning med tal og brug af tal, som den digitale test ikke giver mulighed for og at uddybe resultaterne fra den digitale test.

Der indgår 18 forskellige spørgsmålstyper, som har et varierende antal underopgaver. Eleven skal forsøge at besvare alle opgaver, og det er antallet af rigtigt besvarede opgaver i alt, som bestemmer, hvorvidt eleven anses i risiko for talblindhed.

Opgavedelen tester eleven i fire kategorier:

1. Identifikation af tal
2. Positionssystem og ordning
3. Regning med tal
4. Matematik i hverdagen.

1. Fire spørgsmålstyper omhandler, hvorvidt eleven kan genkende og skrive små og store tal, om eleven ved, hvilke tal der er størst, og om eleven kan tælle baglæns fra et trecifret tal.
2. Fire spørgsmålstyper handler om, hvorvidt eleven har kendskab til og kan anvende positionssystemet fx i en skydeskivekontekst, om eleven kan orientere sig på en tallinje fra 0 til 100, om eleven kan bevæge sig hen over overgangen fra to cifre til tre cifre, samt om eleven kan addere 100 ved brug af positionssystemet.
3. Fire spørgsmålstyper omhandler, hvilke regnestrategier eleven anvender ved addition, subtraktion og multiplikation med små tal. Et spørgsmål handler om regning med større tal.
4. Seks spørgsmålstyper handler om, i hvilket omfang eleven kan anvende matematik på dagligdagsområder. Eleven skal løse en tekstopgave om indkøb, regne med pengesedler, vurdere længder og løse opgaver om klokken og det analoge ur.

## 14.2/ Samtaletestens udviklingsfaser

I den indledende periode var der særlig fokus på caseindsamling med personer, som ved observation fra lærere, familie eller ved egenopfattelse syntes at have kendetegn på talblindhed. Opsamlingen foregik ved projektgruppens aktive henvendelse til fx tidligere deltagere i tidligere projekter som Svendborg-projektet, gennem kendskab til det matematikfaglige miljø specielt matematikvejledningsnetværket samt gennem personers tidligere selvhenvendelse til nogle af projektgruppens medlemmer. Op til 15 lærere havde selvbestaltet meldt ind, at de formodede at have elever, som kunne passe til en talblindhedsdiagnose – elever fra mellemtrin til ældste trin. Et udvalg af disse er blevet besøgt og interviewet.

Forskningsmæssige og praksisrelaterede beskrivelser af mulige kendetegn samt projektgruppens egne erfaringer ved interview om faglige vanskeligheder indgik som den foreløbige spørgeguide for interview med ovenstående personer.

Der har derudover i projektgruppens arbejde med samtaletesten været inddraget forudgående danske erfaringer i feltet. Vi har her måttet transformere vores viden fra seks selvdiagnosticerede voksne talblinde ned til børneniveau. Selvom vores spørgsmål er formuleret om til at møde børnene på deres niveau, så er børn ikke lige så reflekterede omkring deres udfordringer som voksne er, og der kan være flere komplikationer, end børnene selv giver udtryk for.

Ti 4. klasser med ca. 200 elever fra Roskilde Kommune, som var repræsentative for kommunens 25 skoler, indgik i kortlægningen af de faglige vanskeligheder, som karakteriserede de lavest præsterende elever – uafhængig af årsag. Klassernes matematiklærere indgik i forvejen i et projekt vedrørende faglig inklusion af disse svagt præsterende elever. De deltagende

matematiklærere for 4. klasserne udvalgte selv eleverne. Samlet var der tale om 22 elever, med hvem der foreligger en-til-en interview. Den tidligere omtalte foreløbige spørgeguide med tilhørende opgaver blev afprøvet med henblik på at blive korrigeret ud fra såvel funktionelle, fagligt relevante som realistiske hensyn knyttet til elever i 4. klasse.

### Efterår 2015

I september 2015 blev der udvalgt 10 personer i alderen 18–45 år, som ved egen opfattelse og af projektgruppen blev vurderet til at have så store vanskeligheder med at operere med tal og aritmetik, at det kunne opfattes som talblindhed. Enkelte havde tidligere via diverse test, som findes på markedet, fx Bjørn Adlers test, fået angivet deres vanskeligheder som grundet talblindhed. Pga. afbud blev fokusgruppeinterviewet kun gennemført med seks deltagere, alle kvinder. Interviewet blev videofilmet og transskriberet.

Fokusinterviewet blev analyseret, og på baggrund af analysen samt tidligere omtalte undersøgelser udledte projektgruppen en række faglige og hverdagsoplevede kendetegn. Der blev udarbejdet en betaudgave af samtaletesten både med faglige opgaver og med en række spørgsmål til elevernes holdninger og oplevelser vedrørende brugen af tal og regning.

### Efterår 2016

Ti fagligt kompetente og specialundervisningsvante lærere (typisk matematikvejledere) blev udvalgt til at deltage som kritisk røst på betaudgaven af samtaletesten. Efter hver lærers afprøvning på 2-3 elever på 4.-klasse-niveau, som kunne have symptomer på talblindhed, mødtes man til et dagsforløb med vægt på:

- Analyse af kvaliteten af opgaverne samt mulig kategorisering af elevernes svar.
- En opsummering af behovet for forandringer, herunder forslag til forbedringer, mangler og justeringer af de stillede opgaver
- Diskussion af samtalsituationen med hensyn til tid, anbefalinger, manual, ekspertise med mere. Anbefalinger til vejledningen.

Der foreligger referat fra mødet. På baggrund af mødets drøftelser og efterfølgende korrektioner i samråd med de ti fagligt kompetente og specialundervisningsvante lærere blev der udarbejdet en endelig betaudgave.

### Forår 2017

Den digitale test i tragt 2 afprøvedes på omkring 300 elever i 4. klasse i en udvalgt kommune med det resultat, at seks elever fik en score, som kunne tyde på risiko for talblindhed, og de seks elever gennemgik derefter en samtaletest.

- Elev 1 bedømtes samlet til ikke at være i risiko for talblindhed
- Elev 2 bedømtes samlet til måske at have risiko for talblindhed. Samtalen efterlod dog mistanke om, at generelle kognitive vanskeligheder kunne være en årsag
- Elev 3 bedømtes samlet til ikke at være i risiko for talblindhed
- Elev 4 bedømtes samlet ikke til at være i risiko for talblindhed
- Elev 5 bedømtes samlet til at have træk, der kunne tyde på risiko for talblindhed
- Elev 6 bedømtes samlet til at vise tydelige træk på talblindhed.

Version 1.0 af tragt 2 blev afprøvet 2017, og resultaterne blev analyseret statistisk. De elever, som den digitale test udpegede til at være i risiko for talblindhed, udgjorde 30 elever fra 22 forskellige skoler. Elevernes skoler blev kontaktet, og skolelederne blev bedt om at udpege en fagligt kompetent person til at gennemføre samtaletesten. Samtalen blev videofilmet, og resultatet blev opgjort på et medsendt journalark. Film og journalark sendtes til projektgruppen. Det resulterede i 16 videoer af gennemførte samtaletest og 22 indsendte journalark, hvilket gav os data på 22 af de 30 elever.

Scoringen af samtaletesten blev herefter justeret på baggrund af testgruppens gennemsyn/gennemlytning af videoerne/lydoptagelserne og testlærerens vurdering af eleven.

Der opstod yderligere overvejelser om samtaletestens sværhedsgrad, funktionalitet og endelige scoregrænser, hvilket resulterede i en supplerende afprøvning på ni repræsentativt udvalgte 4. klasser med samlet 177 elever. Samtaletesten blev her omformet til en skriftlig test for hele klassen og var dermed ikke direkte sammenlignelig med en en-til-en samtale. Data fra denne afprøvning med skriftlig test på ni klasser blev dog vurderet til at kunne bruges som vejledende data.

### **14.3/ Fase 1 – Udformning af præliminær vejledning til samtaletest**

Også vejledningen til samtaletest har gennemgået en fortløbende udviklingsproces.

Det var med formålet om at observere og skalere kendetegn, at der i den første afprøvning af samtaletesten blev foretaget et struktureret interview af en fra projektgruppen med en elev på ca. en lektions varighed (45 min.).

Det blev på dette tidspunkt i projektet endeligt afklaret, at interviewet burde foretages af kyn-  
dige matematikfaglige personer, og det blev overvejet, om der efterfølgende burde være et  
møde mellem testlæreren og PPR for at afgøre diagnosen.

#### **14.4/ Fase 2 – Afprøvning og validering af testvejledning til sam- taletesten**

Formålet med fase 2 var at afprøve og justere første udgave af testvejledning.

Dette blev gennemført med den tidligere omtalte afprøvning af samtaletesten, hvor 10 lærere  
gav besked om eventuelle uklarheder og gav forslag til forbedringer. Desuden blev de ud-  
førte samtaletest dokumenteret ved videooptagelser, som deltagere i projektgruppen har  
gennemset og analyseret med fokus på testlærerens adfærd og samtaleteknikker. Disse ana-  
lyser blev anvendt til en præcisering af testvejledningen.

#### **14.5/ Fase 3 – Samtaletest med 30 elever udvalgt blandt 1000 elever**

Formål: Justering og afprøvning af samtaletesten både i forhold til elevens resultater og test-  
lærerens udførelse.

##### **Indhold og baggrund:**

Efter analyser og på baggrund af et 7 % cutpoint fra hver deltest i den digitale test blev 30  
elever udtaget af de oprindeligt udtagne 1000 elever til videre samtaletest. De pågældende  
skoler blev kontaktet via mail med information om, at de havde elever, som vi ønskede, at  
de selv skulle gennemføre samtaletesten med. I mailen var vedhæftet informationsbrev, test-  
vejledning, elevens testmateriale samt lærerens testmateriale. Skolerne fik her besked om at  
videofilme testsessionen og sende videoerne til os.

##### **Deltagergruppe:**

De 30 elever fordelte sig på 22 skoler, hvoraf 16 skoler sendte resultater retur til os på 22  
elever.

Dette resulterede i videoer med 13 elever og samtaletestvurderingsskema på 22 elever.

**Resultater og justeringer:**

Videoerne var efterfølgende blevet transskriberet og analyseret, til brug i justering af selve testen, testvejledning og pædagogisk vejledning.

På baggrund af testresultater kunne vi kategorisere 10 elever, som var endt ud i en rød vurdering og dermed i risikogruppen for talblindhed. På dette tidspunkt var det klart at lade sådanne risikoelever gå til videre test hos PPR med henblik på at udelukke andre udfordringer som årsag til vanskelighederne i matematik.

Knyttet til samtaletesten blev der arbejdet med justeringer af:

- Vejledning til testlæreren
- Elevark
- Formulering af faglige spørgsmål
- Formulering af interviewspørgsmål om elevens egenoplevelse og holdning
- Observationsguide.

**2018**

I foråret 2018 besøgte vi forskere og praktikere i Belgien og England med henblik på at få kommenteret samtaletesten – se mere under kapitlet om pædagogisk vejledning.

## 15.0 Pædagogisk Psykologisk Rådgivning, PPR

### 15.1/ Fase 1

Har eleven i samtaletesten givet udtryk for lavt fagligt selvværd eller tegn på matematikangst, kan det være vanskeligt at vurdere, om eleven er talblind. Det kan således være psykologiske faktorer og ikke talblindhed, der er årsag til lav præstation i digital test og faglige spørgsmål i samtaletesten. Ligeledes er der ifølge dette projekts og andre definitioner ikke tale om talblindhed, selv om en person med generelt nedsatte mentale evner skulle vise tegn på talblindhed. Spørgsmål om komorbiditet er komplicerede og er endnu en baggrund for at inddrage pædagogisk psykologisk rådgivning som den fjerde tragt.

I efteråret 2017 blev der taget kontakt til specialpædagogisk forening og referencegruppe-medlem, formand for Danmarks Specialpædagogiske Forening Steen Polk for nærmere at drøfte PPR's rolle i en mulig diagnostisering af talblindhed. Suppleret med drøftelser med aftagerfeltet samt foreningen af PPR-ledere nåede man i projektgruppen frem til at anbefale at skelne mellem test af vanskeligheder knyttet specifikt til matematik på den ene side og test af andre specifikke eller generelle kognitive vanskeligheder. Det resulterede i en deling af gennemførelse af testbatteriet mellem:

- En udpeget fagligt kompetent matematikperson, som testlærer på elevens skole
- En til skolen tilhørende kontaktperson fra PPR.

De tidligere kontraktligt beskrevne elementer knyttet til forhold i hukommelse, sprog, perception udgik af samtaletesten, idet PPR i forvejen havde sådanne testredskaber.

Matematiklærere og matematikvejledere er ikke uddannede til at udføre og fortolke testning af fx hukommelse. Det er oplagt, at talblindhedsdefinitionens distancering fra nedsat intelligens også kalder på professionelle ud over matematiklærere og matematikvejledere. Til opsamling på disse spørgsmål blev der 5. januar 2018 afholdt et møde med professionelle fra PPR og fra afdelingen for pædagogisk psykologi, DPU.



## 15.2/ Fase 2

I sidste fase af projektforløbet har Steen Polk været rundt og besøge de skoler, hvor samtale-testens udpegede 10 børn er elever. Steen Polk har testet eleverne og haft samtaler med eleverne selv og deres lærere. På baggrund af disse vurderinger af de 10 børn, kunne 5-7 kategoriseres som reelt talblinde med en kognitiv begavelse i normalområdet, mens de øvrige af de 10 kunne anses at have generelle vanskeligheder.

Projektgruppen er ikke kompetent til at afgøre, hvilke test PPR skal anvende. Det må afklares efter projektets afslutning. Men vi kan oplyse, at de anvendte test i denne fase var alderssvarende og inkluderede Ravens Progressive Matricer, sets A, Ab, B, CHIPS, Childrens Problem Solving (som måling af logiske kompetencer), Auditiv hukommelses-spændvidde (som måling af arbejdshukommelsen), Visuel/motorisk kodeprøve (seriel), som ikke er tidsafgrænset (om koder for tal), Visuel/motorisk mere abstrakt prøve (som mål for afdækning af figur/grund og af sekventielle eller mere helhedsafdækkende tilgange).

En konklusion fra PPR kan fx lyde: Da eleven har en pædagogisk kognitiv profil, der svarer til alder, har gode kompetencer i de visuel/motoriske opgaver, har antydninger af problemer i arbejdshukommelsen, har mange andre styrkesider i andre fag end matematik i skolen, og da det kun er i faget matematik, der ses massive vanskeligheder – vil eleven – sammenholdt med resultaterne fra digital test og samtaletest – tilhøre målgruppen for elever med den rene form for talblindhed, som er talblindhedsprojektets definition på talblindhed.

Det er centralt for projektets definition af talblindhed, at hvis matematikvanskeligheder bedre kan forklares ud fra andre generelle indlæringsvanskeligheder, hvor der kan være følgevirkninger med talblindhedslignende symptomer, så anses de andre generelle indlæringsvanskeligheder som hovedårsagen. En elev med opmærksomhedsforstyrrelser kan godt have talblindhedslignende vanskeligheder, men vi antager, de er knyttet til og farvet af opmærksomhedsforstyrrelsen, og vi antager, at vanskelighederne giver sig udtryk også i andre fag end i matematik. Men anses en sådan elev som i risiko for talblindhed ud fra de første tre trage, bliver det PPR's opgave af afgøre, hvad der er primærårsagen til vanskeligheden.

## 16.0 Pædagogisk Vejledning

På baggrund af forskningsbaserede eller forskningsundersøgte resultater om indsatser og på baggrund af egne erfaringer har vi udviklet pædagogisk vejledning om forebyggelse og opfølgning. I grundlaget indgår et systematisk review.

I udviklingsprocessen har vi overvejet anbefalinger om kompenserende hjælpemidler – med råd til udvikling og anvendelse. Vi har overvejet en række forhold såsom mulige konsekvenser for undervisningsdifferentiering og "fritagelse" fra krav, tydeliggørelse af ekstremiteten i vanskelighederne med eksempler, hjælp til at eleven oversætter eventuelle privatudviklede og uhensigtsmæssige repræsentationer og fremgangsmåder, stilladsering i form af skabeloner samt mestringsanalyse, fx om at anvende en sproglig tilgang frem for symbolsk. Endelig er der overvejet anbefalinger om at undlade visse aktiviteter og kommunikationer.

Den pædagogiske vejledning indeholder eksempler på handlemuligheder for, hvordan relevant vidensbaseret undervisning kan struktureres og tilrettelægges i almen- og specialundervisningen for elever med talblindhed på mellemtrinnet og i udskoling. Den pædagogiske vejledning om forebyggende og tidlig indsats i forhold til elever i risiko for talblindhed indeholder eksempler på, hvordan relevant vidensbaseret, tidlig indsats kan struktureres og tilrettelægges i almenundervisningen for elever i indskoling.

Der er samlet danske cases, som er anvendt til at underbygge og perspektivere udviklingen af testbatteri og pædagogisk vejledning.

Udvalgte matematikvejledere er blevet inddraget fra Dansma, den nationale forening dannet maj 2014 for dem, der i deres profession arbejder med området børn og voksne, som har særlige behov for undervisning i matematik, ligesom andre udvalgte matematiklærere er blevet inddraget i udviklingen.

Endelig blev det afklaret på en studierejse forår 2018, hvor meget mere inspiration det var muligt at hente fra England og Belgien til den pædagogiske vejledning. I Belgien var det forskergruppen omkring Marie-Pascale Noël, vi besøgte. I England var det specialundervisningslærere og konsulenter fra Swindon, ledende specialundervisningskonsulent i Somerset, Elsmere Private School med særlig fokus på ordblindhed og talblindhed samt Edgehill University, hvor man uddanner talblindhedsvejledere. Desuden havde vi opfølgende samtaler med professor Steve Chinn, som er en ledende forskningsrøst i England vedrørende talblindhed og dysleksi. Med Steve Chinn blev projektet som helhed drøftet, herunder samtaletesten samt mulige interventioner over for de diagnosticerede talblinde elever, som er den pædagogiske vejlednings fokus.

## 17.0 Kan man stole på testbatteriet – gyldighed (validitet)?

Overvejelser over, om man kan stole på testbatteriet, handler om validitet, og der er forskellige facetter af validitet. I det følgende behandles nogle af disse facetter.

### 17.1/ Hvordan relaterer målingen sig til børnenes og lærernes hverdagsliv? – (dette betegnes af og til som økosystemisk validitet?)

Mens fx en spørgeskemaundersøgelse kan have god målingsvaliditet og intern validitet, og måske også ekstern validitet med generalisering til andre grupper, så kan situationen, man udfylder spørgeskemaet i, begrænse økosystemisk validitet. Grabner & Ansari (2010) og Ansari & Lyons (2016) understregede, at der netop er behov for opmærksomhed på at øge økosystemisk validitet af testbatterier som vores, og her skal både testsituationen og karakteren af testopgaver overvejes. Kaufmann & von Aster fremhæver, at også for interventioner med talblinde elever gælder "(...) as a rule, interventions can succeed only when they are ecologically valid, i.e., when they can take effect in the setting of the child's everyday life" (2012, s. 774).

Spørgsmålet er, om testbatteriet opleves relevant i forhold til opfattelser, værdier, viden og erfaringer, som børnene og deres nærmeste relationer i og uden for skolen har, eller om den digitale test, samtaletesten og PPR-undersøgelsen virker malplaceret for børnene og for de mennesker og institutioner, som omgiver dem?

Det er afgørende for testbatteriets såkaldte økosystemiske validitet, at testvejledningen er klar og informativ, og at lærerforeninger, matematikvejledere, skoleforvaltninger, lærere og ledere og elever oplever, at testbatteriet er udviklet med det formål at identificere for at kunne give en relevant støtte til eleverne. Uden relevant støtte kan eleven risikere at opgive faget og få forringet den faglige selvtillid. Det er også afgørende, at der gives særlig støtte, og at effekten af støtten følges og dokumenteres.

Det er vores håb, at dette på længere sigt kan forøge viden om talblindhed på den enkelte skole, i den enkelte skoleforvaltning, hos KL og i UVM.

Det er forskningsbaseringen, interviewene med unge og voksne, samt at mange spørgsmål i samtaletesten angår indikationer på grundlæggende forudsætninger i skolematematikken, som sikrer fundamentet for testbatteriets relevans. Men projektudviklingen har ikke haft

mulighed for at afprøve økosystemisk validitet i almindelig skolepraksis. Det må komme efterfølgende. Økosystemisk validitet vil bero på formidling af testen – herunder fra referencegruppens side – og vil bero på, hvorvidt der udvikles initiativer, der kan sættes i værk, efter en elev er identificeret af testen som formodet talblind, og vil bero på, hvorvidt initiativerne opleves relevante, retfærdige og virksomme. Testes der blot for at teste og give et prædikat uden at anvende det til en fremadrettet indsats, kan det forværre elevens situation.

### **17.2/ Måler testbatteriet det, som vi ønsker at måle? – målingsvaliditet (/construct) validitet?**

Målingsvaliditet (eller construct validity) handler om overvejelser over, hvorvidt testbatteriet bygger på relevante/troværdige begreber om fænomenet talblindhed, og hvorvidt det måler på fænomenet talblindhed, eller om der måles noget andet? Måler man i stedet for noget andet end talblindhed, så er målingsvaliditeten lille. Som eksempel kan nævnes, at hvis nogle elever ikke er motiverede for at deltage aktivt, så vil et ringe testresultat kunne skyldes denne manglende motivation og ikke talblindhed. Overvejelser om dette er derfor indgået i afprøvningerne, hvor den allerførste netop undersøgte testens funktionalitet.

Den allerførste afprøvning med 10 elever af den digitale test (fase 1) var netop dedikeret til at afgøre, om nogle elever ville være umotiverede for at deltage i testen. Det viste sig, at ingen elever ifølge de rapporterende testlærere var umotiverede; men at alle engagerede sig i testningen. I de efterfølgende afprøvninger af den digitale test og i afprøvninger af samtaletest har vi ligeledes bedt elevernes testlærere vurdere elevernes motivation under testen, og vi har fået angivet, at elever ikke opfatter opgaverne som kedelige, og at eleverne arbejder ihærdigt og koncentreret.

Spørgsmålet er, hvor sikre vi kan være på, at det netop er talblindhed, der ligger bag, når testbatteriet slår ud og siger 'talblindhed'. Kunne der ligge andre forhold bag? Spørgsmålet er også, hvordan det i praksis sikres, at disse spørgsmål overvejes og undersøges?

Tre forhold støtter op om testbatteriets målingsvaliditet. Det ene er testelementernes forankring i hypoteser fra teori. Testbatteriet anvender flere af disse hypoteser, fordi det i forskningslitteraturen konstateres, at diagnosticerede talblinde elever er meget forskellige. Forskellighed er reglen, mere end undtagelsen. For det andet støtter tragtmodellens trinvis afskæring af falsk positive op om målingsvaliditet. For det tredje støtter PPR's undersøgelse af generelle kognitive udfordringer op om testbatteriets målingsvaliditet.

### **17.3/ Er det korrekte årsagsforklaringer, der ligger bag testbatteriet – intern validitet?**

Intern validitet handler om sammenhænge og årsager, og om konklusionen om talblindhed holder vand?

Vi har naturligvis overvejet spørgsmålet, om hvorvidt der (også) kunne være psykologiske, sociologiske eller didaktiske årsager til elevens præstationer i testbatteriet. Dette afklares ikke af testbatteriet. Derimod afklarer testbatteriet, om der er indikationer på neurologiske årsager og afdækker, om disse har betydning for elevens matematikundskaber.

I vores projekt har det været PPR, der i en særskilt vurdering har varetaget spørgsmålet om, hvorvidt der (også) kunne være andre specifikke eller generelle læringsudfordringer på spil med indflydelse på elevens præstationer i testbatteriet.

### **17.4/ Kan testbatteriet anvendes med andre aldersgrupper og i andre kulturelle sammenhænge? – ekstern validitet?**

Den digitale test er a-kulturel, mens observationsguide, samtaletest og pædagogisk vejledning er konstrueret med dansk undervisningskontekst som sigtepunkt. Observationsguide og vejledning om pædagogiske indsatser med identificerede elever i Danmark kan delvist anvendes også for risikoelever tidligere end 4. klasse. Det udviklede testbatteri er standardiseret ud fra et repræsentativt udvalg af 4.-klasse-elever i Danmark, mens projektet ikke indeholder andre overvejelser, end sige standardisering for elever på andre klassetrin eller aldre.

### **17.5/ Stikprøvevaliditet?**

En god stikprøvevaliditet blev sikret ved hjælp af de rationaler, der styrede udvælgelse af elevgrupper til testudviklingens faser.

For fase 2 og 4 er skolerne udvalgt efter sædvanlige principper for randomisering, hvilket sikrer et repræsentativt sample. I fase 1 og 3 blev udvælgelsen af skoler af pragmatiske grunde foretaget ud fra kendskab til personer med interesse for området.

## 17.6/ Reliabilitet

Sammen med validitet er det almindeligt at vurdere reliabilitet [på dansk: pålidelighed] som omfatter, hvorvidt målingen ville have givet en anden konklusion, hvis den var blevet foretaget på et andet tidspunkt, i et andet medie eller med en anden testvejleder. Vi har ikke fundet mulighed for at undersøge alle tre typer reliabilitet, så det bør tages op igen efterfølgende. Vi havde mulighed for at undersøge medieafhængighed, og om eleverne fik andre resultater ved gentestning tre uger efter den første testning. Vi konstaterede, at resultaterne var medieafhængige og tidsafhængige. Da den digitale form var at foretrække som følge af, at tidsfaktoren var afgørende for visse enkeltopgaver og samlet for hver deltest og som følge af større sikkerhed og mindre tidsforbrug ved resultatopgørelserne, justerede vi til i fase 3 og 4 udelukkende at anvende digitalt medie. Vi valgte at standardisere ud fra dette. Projektets rammer gav ikke mulighed for at afprøve gentestning yderligere.

Selv om vi vurderer, at tragtmodellen med sine flere undersøgelser og testdele giver større gyldighed og pålidelighed, end hvis vi kun havde en enkelt test, så er vores konklusion, at spørgsmålet om gentestning vil være relevant at tage op igen i efterfølgende projekter: præsterer eleven tilstrækkelig ens på test og gentest? Ligeledes vil der være usikkerhed om tragtt 3, samtaletesten, som vil kræve efteruddannelse af matematiktestlærere, der skal gennemføre samtaletesten.

## 18.0 Referencer

- Agarwal, S., Mazumder, B. (2013). Cognitive abilities and household financial decisionmaking. *American Economic Journal: Applied Economics*, 5 (1), 193-207.
- Allerup, P. (1994). Theory of Rasch Measurement. In: T. Husen, T. N. Postlethwaite (Eds.) *The International Encyclopedia of Education*; second edition. New York: Pergamon Press.
- Ansari, D., Lyons, I. M. (2016). Cognitive neuroscience and mathematics learning: how far have we come? Where do we need to go? *ZDM: Mathematics Education*, 48, 379–383.
- Ashkenazi, S., Henik, A. (2012). Does attentional training improve numerical processing in developmental dyscalculia? *Neuropsychology*, 26(1), 45-56.
- Bengtsson, S., Larsen, L. B. (2013). *Talblindhed – En forskningsoversigt*. København: SFI - Det nationale forskningscenter for velfærd.
- Bugden, S., Ansari, D. (2011). Individual differences in children's mathematical competence are related to the intentional but automatic processing of Arabic numerals. *Cognition*, 118(1), 32-44.
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 455–468). New York, NY: Psychology Press
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 334(6057), 761-761.
- Butterworth, B. (2015). *What dyscalculia is and is not*. Presentation at Learning Works London. Retrieved 20160215 at <http://www.dyscalculia-maths-difficulties.org.uk/meet-the-experts/brian-butterworth>
- Chinn, S. (2017). *More Trouble with Maths: A complete guide to identifying and diagnosing mathematical difficulties*. London: Routledge.
- Chinn, S. (Ed.) (2015). *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties*. London: Routledge.
- De Smedt, B., Noël, M-P., Gilmore, C., Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, (2), 48-55.
- De Smedt, B., Gilmore, C. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(2), 278-92.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. Oxford: Oxford University Press.

- Desoete, A., Roeyers, H., & De Clercq, A. (2004). Children with mathematics learning disabilities in Belgium. *Journal of Learning Disabilities, 37*, 50–61
- DeWind, N. K., Brannon, E.M. . (2016). Significant Inter-Test Reliability across Approximate Number System Assessments. *Frontiers in psychology, 8*(7), Article 310, 1-10.
- Dowker, A. (2005). Early Identification and Intervention for Students With Mathematics Difficulties. *Journal of learning disabilities, 38*(4), 324-332.
- Dowker, A. (2015). Individual differences in arithmetical abilities - the componential nature of arithmetic. In: R. C. Kadosh, A. Dowker (Eds). *The Oxford Handbook of Numerical Cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Ejersbo, L. R. (2016). Number sense as a bridge to number understanding. *Cursiv18 - Special needs in mathematics education*, 189-202. Copenhagen: Danish School of Education, Aarhus University.
- Engström, A. (2000). Specialpedagogik för 2000-tallet. *Nämnaaren, (1)*, 26-31.
- Engström, A. (2009). Ny bok om dyskalkyli. *Specialpedagogik, (6)*, 28-30.
- Evans, J., Frankish, K. (2009). The duality of mind: An historical perspective. In: J. Evans, J., K. Frankish (Eds). *In two minds. Dual processes and beyond* (pp.1-29). Oxford: Oxford University press.
- Fritz, A., Haase, V.G., Räsänen, P. (Eds.) (2018) *International handbook of mathematical learning difficulties*. Springer.
- Geary D. C. (2006). Dyscalculia at an early age: Characteristics and potential influence on socio-emotional development. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. <http://www.child-encyclopedia.com/learning-disabilities/according-experts/dyscalculia-early-age> Accessed 201811070502.
- Geary, D. C., Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. In: J. I. D. Campbell (Ed.). *Handbook of mathematical cognition* (pp. 253-267). New York: Psychology Press.
- Geary, D. C., vanMarle, K., Chu, F. W., Rouder, J., Hoard, M. K., Nugent, L. (2018). Early Conceptual Understanding of Cardinality Predicts Superior School-Entry Number-System Knowledge. *Psychological Science, 29*(2), 191–205.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., Hoard, K. (2000). Numerical and Arithmetical Cognition: A Longitudinal Study of Process and Concept Deficits in Children with Learning Disability. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*(3), 236-263.
- Grabner, R. H., Ansari, D. (2010). Promises and potential pitfalls of a 'cognitive neuroscience of mathematics learning'. *ZDM: the international journal on mathematics education, 42*(6), 655–660.



- Halberda, J., Mazocco, M. & Feigenson, L. (2008). Individual differences in nonverbal number acuity predict maths achievement. *Nature*, 455, 665-668.
- Hanich, L. B., Jordan, N. C., Kaplan, D., Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 615-626.
- Henik, A., Rubinsten, O., Ashkenazi, S. (2015). Developmental Dyscalculia as a Heterogeneous Disability. In: R. C. Kadosh, A. Dowker (Eds). *The Oxford Handbook of Numerical Cognition* (pp. 662 – 677). Oxford: Oxford University Press.
- Holgersson, I. (2015). *Closing session. NORsMA 8 - Connecting research and practice*.
- Kadosh, R.C., Dowker, A. (Eds.) (2015). *The Oxford handbook of numerical cognition*. Oxford University Press.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Strauss & Giroux.
- Kaufmann, L., von Aster, M. (2012). The Diagnosis and Management of Dyscalculia. *Deutsches Ärzteblatt International*, 109(45), 767-778.
- Lindenskov, L. (2006). Matematikvanskeligheder i inkluderende undervisning for børn, unge og voksne. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 11(4), s. 65-95.
- Lindenskov, L. (2012). *Matematik i specialundervisning og andre særlige foranstaltninger – En status på udvalgte rapporter med fokus på Brøndby Kommune*. Isbn: 978-87-7430-260-5. København: DPU.
- Lord, F. M., Novick, M. R. (1968). *Statistical Theories of Mental Test Scores*. Massachusetts: Addison Wesley, Massachusetts.
- Mazocco, M. M. M., Myers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia*, 53, 218–253.
- Mazocco, M. M. M., Feigenson, L., Halberda, J. (2011a). Impaired Acuity of the Approximate Number System Underlies Mathematical Learning Disability (Dyscalculia). *Child Development*, 84(4), 1224-37.
- Mazocco, M. M. M., Feigenson, L., Halberda, J. (2011b). Preschoolers' Precision of the Approximate Number System Predicts Later School Mathematics Performance. *PLoS ONE* 6(9): e23749. doi:10.1371/journal.pone.0023749
- Mazocco, M. M. M., Hanich, L. B., Early, M. C. (2007). Cognitive Characteristics of Children With Mathematics Learning Disability (MLD) Vary as a Function of the Cutoff Criterion Used to Define MLD. *Journal of learning disabilities*, (40)5, 458–478.

Rasch, G. (1968). *A mathematical theory of objectivity and its consequences for model construction*. Report from European meeting on statistics, econometrics and management sciences, Amsterdam.

Ritchie, S. J., Bates, T. C. (2013). Enduring links from childhood mathematics and reading achievement to adult socioeconomic status. *Psychological Science*, 24, 1301-8.

Rousselle L., Noël M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: a comparison of symbolic versus non-symbolic number magnitude processing. *Cognition* 102, 361–395.

Rubinsten, O., Henik, A. (2006). Double dissociation of functions in developmental dyslexia and dyscalculia. *Journal of Educational Psychology*, 98, 854–867.

Rubinsten, O., Henik, A. (2005). Automatic activation of internal magnitudes: A study of developmental dyscalculia. *Neuropsychology*, 19, 641–648.

Shalev, R. S., Manor, O., Kerem, B., Ayali, M., Badichi, N., Friedlander, Y., Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia is a familial learning disability. *Journal of Learning Disabilities*, 34(1), 59–65.

Shalev, R. S., Manor, O., and Gross-Tsur, V. (2005). Developmental dyscalculia: a prospective six-year follow-up. *Dev. Med. Child Neurol.* 47, 121–125. doi: 10.1017/S0012162205000216

Tzelgov, J. (1997). Specifying the relations between automaticity and consciousness: A theoretical note. *Consciousness and Cognition: An international Journal*, 6(2–3), 441–451.

Träff, U., Olsson, L., Östergren, R., and Skagerlund, K. (2017). Heterogeneity of Developmental Dyscalculia: Cases with Different Deficit Profiles. *Frontiers in Psychology*. 7, (2000), 1-15.

von Aster, M., Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873

Zhou, X., Cheng, D. (2015). When and why numerosity processing is associated with developmental dyscalculia, p. 78-89. In: S. Chinn (Ed). *Routledge Handbook of Dyscalculia and Mathematical Learning Difficulties*, 78-89. New York: Routledge.

#### WEBSITES:

NUMERACY SCREENER.: (<http://www.numeracyscreener.org/about-us.html>). Udviklet af Dr. Nadia Nosworthy og Dr. Daniel Ansari på The Numerical Cognition Laboratory, Western University, Ontario, Canada.

APA (2016), Specific learning disorder: <https://www.psychiatry.org/home/search-results?k=dyscalculia>

LUKIMAT: <http://www.lukimat.fi/matematik/for-foraldrar/inlarningssvarigheter-matematik>. Accessed 20180502.



Anatomical substrates and neurocognitive predictors of daily numerical abilities in mild cognitive impairment. *Cortex A J Devoted to Study Nerv Syst Behav.* Oct;71:58–67.

Benson, G. (2014). *The effects of cover, copy, and compare, performance feedback and rewards on the mathematical calculation skills of students identified with math difficulty.* Vol. 74, Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences. [US]: ProQuest Information & Learning.

Berch, Ed DB.; Mazzocco, MMM. (2007). *Why Is Math So Hard for Some Children? The Nature and Origins of Mathematical Learning Difficulties and Disabilities.* Brookes Publishing Company. Brookes Publishing Company.

Bishara, S. (2016). Self-Regulated Math Instructions for Pupils with Learning Disabilities. *Cogent Educ.* Jan 1;3(1).

Bouck, EC.; Chamberlain, C.; Park, J. (2017). Concrete and App-Based Manipulatives to Support Students with Disabilities with Subtraction. *Educ Train Autism Dev Disabil.* Sep 1;52(3):317–31.

Bouck, EC.; Flanagan, S. (2009). Assistive Technology and Mathematics: What Is There and Where Can We Go in Special Education. *J Spec Educ Technol.* Jan 1;24(2):17–30.

Brankaer, C.; Ghesquière, P.; De Smedt, B. (2017). Symbolic magnitude processing in elementary school children: A group administered paper-and-pencil measure (SYMP Test). *Behav Res Methods.* Aug 12;49(4):1361–73.

Brissiaud, R. (2012). Dyscalculiques ou «mal débutés»? Les réponses de la comparaison 87-99-2007 (DEPP). = Children with dyscalculia or “who made a poor start in learning mathematics”? Responses from the 87-99-2007 comparison (DEPP). *ANAE Approch Neuropsychol des Apprentissages chez l’Enfant.* Dec;24(5[120-121]):503–10.

Buckley, K., Ehrlich, S., Midouhas, E., and Brodesky, A. (2008). *Performance patterns for students with disabilities in grade 4 mathematics education in New York State* (Issues & Answers Report, REL 2008–No. 050). Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Northeast and Islands. Retrieved from <http://ies.ed.gov/ncee/edlabs>.

Causton-Theoharis, J.; Theoharis, G. (2008). Creating Inclusive Schools for All Students. *Sch Adm.* Sep 1;65(8):24–5.

Censabella, S.; Noël, M-P. (2008). The inhibition capacities of children with mathematical disabilities. *Child Neuropsychol.* 14(1):1–20.

Chong, SL.; Siegel, LS.; (2008). Stability of Computational Deficits in Math Learning Disability From Second Through Fifth Grades. *Dev Neuropsychol.* May;33(3):300–17.

Cirino, PT.; Fletcher, JM.; Ewing-Cobbs, L.; Barnes, MA.; Fuchs, LS. (2007). Cognitive Arithmetic Differences in Learning Difficulty Groups and the Role of Behavioral Inattention. *Learn Disabil Res Pract.* Feb;22(1):25–35.

- Cozad, LE.; Riccomini, PJ. (2016). Effects of Digital-Based Math Fluency Interventions on Learners with Math Difficulties: A Review of the Literature. *J Spec Educ Apprenticesh. Dec 1;5(2)*.
- Crawford, J.; Farber, E. (2012). Take Your Seats. *Sch Plan Manag. Oct;51(10):38–42*.
- Cronin, J.; Dahlin, M.; Adkins, D.; Kingsbury, GG. (2007). *The Proficiency Illusion*. Thomas B. Fordham Institute. Northwest Evaluation Association OR Thomas B. Fordham Institute; Oct.
- Davidoff, LJ. (2012). *A Case Study of the Use of Response to Intervention in a Public School District*. Rutgers, The State University of New Jersey
- de Castro, MV.; Bissaco, MAS.; Panccioni, BM.; Rodrigues, SCM.; Domingues, AM. (2014). Effect of a virtual environment on the development of mathematical skills in children with dyscalculia. *PLoS One. Jul 28;9(7)*.
- De Smedt, B.; Swillen, A.; Devriendt, K.; Fryns, JP.; Verschaffel, L.; Ghesquière, P. (2007). Mathematical disabilities in children with velo-cardio-facial syndrome. *Neuropsychologia. 45(5):885–95*.
- DeFina, PA.; Moser, RS. (2011). *An overview of neuroscience contributions to the understanding of dyscalculia in children*. In: Davis AS (Ed). *Handbook of pediatric neuropsychology*. New York, NY, US: Springer Publishing Co; p. 683–7.
- Dowker, A.; Kaufmann, L. (2009). Atypical development of numerical cognition: Characteristics of developmental dyscalculia. *Cogn Dev. 24(4):339–42*.
- Dowker, A. (2017). Interventions for primary school children with difficulties in mathematics. In: Sarama, J.; Clements, DH.; Germeroth, C.; Day-Hess, C. (Eds.). *The development of early childhood mathematics education. Advances in child development and behavior; Vol 53*; p. 255-87. Elsevier Academic Press. ISSN: 0065-2407.
- Drigas, AS.; Pappas, MA.; Lytras, M. (2016). Emerging Technologies for ICT based Education for Dyscalculia: Implications for Computer Engineering Education. *Int J Eng Educ. Jun;32(4):1604–10*.
- Ferreira, F. de O.; Wood, G.; Pinheiro-Chagas, P.; Lonnemann, J.; Krinzinger, H.; Willmes, K. (2012). Explaining school mathematics performance from symbolic and nonsymbolic magnitude processing: Similarities and differences between typical and low-achieving children. *Psychol Neurosci. Jan;5(1):37–46*.
- Fischer, J-P.; Maréchal-Nicolas, M. (2012). L'effet de distance numérique peut-il aider à diagnostiquer la dyscalculie? = The numerical distance effect: Can it help to diagnostic the dyscalculia? *ANAE Approch Neuropsychol des Apprentissages chez l'Enfant. Dec;24(5[120-121]):547–53*.
- Fitzsimmons, M. (2011). *Students Asking Questions in the Middle School Mathematics Classroom. Online Submission*. Available from: <https://eric.ed.gov/?id=ED518989>
- Flore,s MM. (2009). Teaching Subtraction with Regrouping to Students Experiencing Difficulty in Mathematics. *Prev Sch Fail. Mar 1;53(3):145–52*.

- Fuchs, LS.; Fuchs, D.; Powell, SR.; Seethaler, PM.; Cirino, PT.; Fletcher, JM. (2008). Intensive Intervention for Students with Mathematics Disabilities: Seven Principles of Effective Practice. *Learn Disabil Q.* Mar 1;31(2):79–92.
- Geary, DC.; Hoard, MK.; Nugent, L.; Byrd-Craven, J. (2008). Development of Number Line Representations in Children With Mathematical Learning Disability. *Dev Neuropsychol.* May;33(3):277–99. Available from: <http://10.0.4.56/87565640801982361>
- Geary, DC. (2007). An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. *Dev Neuropsychol.* 32(1):471–519.
- Geary, DC. (2010). Mathematical disabilities: Reflections on cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Learn Individ Differ.* Apr;20(2):130–3.
- Gersten, R.; Clarke, B.; Mazzocco, MMM. (2007). *Historical and contemporary perspectives on mathematical learning disabilities*. In: Berch DB, Mazzocco MMM, (Eds.). Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities. Gersten, Russell, University of Oregon R.G. Research Group, 2525 Cherry Avenue, Suite 300, Signal Hill, CA, US, 90755: Paul H Brookes Publishing; p. 7–27.
- Gersten, R.; Clarke, BS.; Haymond, K.; Jordan, NC. (2011). *Instruction C on. Screening for Mathematics Difficulties in K-3 Students*. Second Edition. Portsmouth: RMC Research Corporation. Center on Instruction.
- Gillum, J. (2012). Dyscalculia: Issues for practice in educational psychology. *Educ Psychol Pract.* Sep;28(3):287–97.
- Gold, AB.; Ewing-Cobbs, L.; Cirino, P.; Fuchs, LS.; Stuebing, KK; Fletcher, JM. (2013). Cognitive and behavioral attention in children with math difficulties. *Child Neuropsychol.* Jul;19(4):420–37.
- Haas, LB.; Stickney, EM.; Ysseldyke, JE. (2016). Using Growth Norms to Set Instructional Goals for Struggling Students. *J Appl Sch Psychol.* Jan 1;32(1):82–99.
- Hurks, PPM.; van Loosbroek, E. (2014). Time Estimation Deficits in Childhood Mathematics Difficulties. *J Learn Disabil.* Sep;47(5):450–61. Available from: <http://10.0.4.153/0022219412468161>
- Jiménez-Fernández, G. (2016). How Can I Help My Students with Learning Disabilities in Mathematics? *REDIMAT - J Res Math Educ.* Feb 1;5(1):56–73.
- Kadosh, RC.; Dowker, A. (2015). (Eds.) *The Oxford handbook of numerical cognition*. New York, NY, US: Oxford University Press. (Oxford library of psychology).
- Karagiannakis, G.; Baccaglini-Frank, A.; Papadatos, Y. (2014). Mathematical learning difficulties subtypes classification. *Front Hum Neurosci.* Feb 10;8.
- Karagiannakis, GN.; Baccaglini-Frank, AE.; Roussos, P. (2016). Detecting Strengths and Weaknesses in Learning Mathematics through a Model Classifying Mathematical Skills. *Aust J Learn Difficulties.* Jan 1;21(2):115–41.
- Kaufmann, L. (2008). Dyscalculia: neuroscience and education. *Educ Res.* Jun;50(2):163–75.

Available from: <http://10.0.4.56/00131880802082658>

Koller, I.; Alexandrowicz, RW (2010). Eine psychometrische Analyse der ZAREKI-R mittels Rasch-Modellen. = A psychometric analysis of the ZAREKI-R using Rasch-models. *Diagnostica*. 56(2):57–67.

Kovas, Y.; Haworth, CMA.; Petrill, SA.; Plomin, R. (2007). Mathematical ability of 10-year-old boys and girls: Genetic and environmental etiology of typical and low performance. *J Learn Disabil*. Nov;40(6):554–67.

Krasa, N.; Shunkwiler, S. (2009). *Number sense and number nonsense: understanding the challenges of learning math*. Paul H. Brookes Pub. Co. Available from: <https://eric.ed.gov/?q=ED507524&id=ED507524>

Krawec, J.; Huang, J.; Montague, M.; Kressler, B.; de Alba, AM. (2013). The Effects of Cognitive Strategy Instruction on Knowledge of Math Problem-Solving Processes of Middle School Students with Learning Disabilities. *Learn Disabil Q*. May 1;36(2):80–92.

Kroesbergen, EH.; Van Luit, JEH.; Van Lieshout, ECDM.; Van Loosbroek, E.; Van de Rijt, BAM. (2009). Individual Differences in Early Numeracy: The Role of Executive Functions and Subitizing. *J Psychoeduc Assess*. Jan 1;27(3):226–36.

Kumar, SP.; Raja, BWD. (2012). Remedial Instruction to Enhance Mathematical Ability of Dyscalculics. *J Educ Psychol*. May 1;6(1):21–8.

Leh, JM.; Jitendra, AK. (2013). Effects of computer-mediated versus teacher-mediated instruction on the mathematical word problem-solving performance of third-grade students with mathematical difficulties. *Learn Disabil Q*. May;36(2):68–79.

Lewis, KE. (2011). *Toward a Reconceptualization of Mathematical Learning Disabilities: A Focus on Difference Rather than Deficit*. ProQuest LLC. 2011.

Liu, J.; Xin, YP. (2017). The Effect of Eliciting Repair of Mathematics Explanations of Students With Learning Disabilities. *Learn Disabil Q*. Aug;40(3):132–45. Available from: <http://10.0.4.153/0731948716657496>

Louie, J.; Brodesky, A.; Brett, J.; Yang, L-M.; Tan, Y. (Eds.) (2008). *Math Education Practices for Students with Disabilities and Other Struggling Learners: Case Studies of Six Schools in Two Northeast and Islands Region States*. Issues & Answers. No. 053. Regional Educational Laboratory Northeast & Islands. Regional Educational Laboratory Northeast & Islands.

MacDougall, M. (2009). Dyscalculia, dyslexia, and medical students' needs for learning and using statistics. *Med Educ Online*, 14.

Maehler, C.; Schuchardt, K. (2016). Working memory in children with specific learning disorders and/or attention deficits. *Learn Individ Differ*. 2016 Jul;49:341–7. Available from: <http://10.0.3.248/j.lindif.2016.05.007>

Mancil, GR.; Maynard, KL. (2007). Mathematics Instruction and Behavior Problems: Making the Connection. *Beyond Behav*. 16(3):24–8.

Maricle, DE.; Psimas-Fraser, L.; Muenke, RC.; Miller, DC. (2010). Assessing and intervening

with children with math disorders. In: Miller, DC. (Ed.). *Best practices in school neuropsychology: Guidelines for effective practice, assessment, and evidence-based intervention*. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc; 2010. p. 521–49.

Mazzocco, MMM.; Devlin, KT.; McKenney, SJ. (2008). Is it a Fact? Timed Arithmetic Performance of Children With Mathematical Learning Disabilities (MLD) Varies as a Function of How MLD is Defined. *Dev Neuropsychol*. May;33(3):318–44. Available from: <http://10.0.4.56/87565640801982403>

Mazzocco, MMM.; Murphy, MM.; Brown, EC.; Rinne, L.; Herold, KH. (2013). Persistent consequences of atypical early number concepts. *Front Psychol*. Sep;4.

Mazzocco, MMM.; Myers, GF.; Lewis, KE.; Hanich, LB.; Murphy, MM. (2013). Limited knowledge of fraction representations differentiates middle school students with mathematics learning disability (dyscalculia) versus low mathematics achievement. *J Exp Child Psychol*. Jun;115(2):371–87.

Mejias, S.; Mussolin, C.; Rousselle, L.; Grégoire, J.; Noël, M-P. (2012). Numerical and nonnumerical estimation in children with and without mathematical learning disabilities. *Child Neuropsychol*. Nov;18(6):550–75.

Moeller, K.; Klein, E.; Kucian, K.; Willmes, K. (2014). Numerical development—From cognitive functions to neural underpinnings. *Front Psychol*. Sep 19;5.

Mohd, Syah NE.; Hamzaid, NA.; Murphy, BP.; Lim, E. (2016). Development of computer play pedagogy intervention for children with low conceptual understanding in basic mathematics operation using the dyscalculia feature approach. *Interact Learn Environ*. Oct;24(7):1477–96.

Moura, R.; Lopes-Silva, JB.; Vieira, LR.; Paiva, GM.; de Almeida Prado, AC.; Wood, G. (2015). From “five” to 5 for 5 minutes: Arabic number transcoding as a short, specific, and sensitive screening tool for mathematics learning difficulties. *Arch Clin Neuropsychol*. Feb;30(1):88–98.

Mutlu, Y.; Akgün, L. (2017). The Effects of Computer Assisted Instruction Materials on Approximate Number Skills of Students with Dyscalculia. *Turkish Online J Educ Technol - TOJET*. Apr 1;16(2):119–36.

Myers, JA.; Wang, J.; Brownell, MT.; Gagnon, JC. (2015). Mathematics Interventions for Students with Learning Disabilities (LD) in Secondary School: A Review of the Literature. *Learn Disabil -- A Contemp J*. Sep;13(2):207–35.

Navarro, JI.; Aguilar, M.; Marchena, E.; Ruiz, G.; Menacho, I.; Van Luit, JEH. (2012). Longitudinal Study of Low and High Achievers in Early Mathematics. *Br J Educ Psychol*. Mar 1;82(1):28–41.

Neville, A. (2012). Dyscalculia/Specific Learning Difficulty in Mathematics: Identification and Intervention in Irish Primary Schools. *Reach*. Jun;26(1):3–15.

Ostad, SA. (2013). Private Speech Use in Arithmetical Calculation: Contributory Role of Phonological Awareness in Children with and without Mathematical Difficulties. *J Learn Disabil*. Jul 1;46(4):291–303.



- Pareto, L. (2014). A Teachable Agent Game Engaging Primary School Children to Learn Arithmetic Concepts and Reasoning. *Int J Artif Intell Educ. Sep 1;24(3):251–83.*
- Perkin, G.; Beacham, NA.; Croft, AC. (2007). Computer assisted assessment of mathematics for undergraduates with specific learning difficulties - issues of inclusion in policy and practice. *Vol. 14, International Journal for Technology in Mathematics Education*, p. 3–13.
- Perna, R.; Loughan, AR.; Le, J.; Hertz, J.; Cohen, MJ. (2015). Spectrum of mathematical weaknesses: Related neuropsychological correlates. *Appl Neuropsychol Child. Jul;4(3):157–65.*
- Phillips, RR. (2016). *Inclusion and Specific Learning Disabilities: General Education Teacher's Attitude*. PhD dissertation. ProQuest LLC.
- Pinheiro-Chagas P, Wood G, Knops A, Krinzinger H, Lonnemann J, Starling-Alves I (2014). In how many ways is the approximate number system associated with exact calculation? *PLoS One. Nov 19;9(11).*
- Pitsolantis, N.; Osana, HP. (2013). Fractions Instruction: Linking Concepts and Procedures. *Teach Child Math. Aug 1;20(1):18–26.*
- Polat, E.; Adiguzel, T.; Akgun, OE. (2012). Adaptive Web-Assisted Learning System for Students with Specific Learning Disabilities: A Needs Analysis Study. *Educ Sci Theory Pract. Sep 2;12:3243–58.*
- Powell, SR.; Stecker, PM. (2014). Using Data-Based Individualization to Intensify Mathematics Intervention for Students with Disabilities. *Teach Except Child. Mar 1;46(4):31–7.*
- Press, KA. (2010). *The Dilemma of Inclusion: Is Full Inclusion Ethical? An Examination of the Culture of Special Education within a Semi-Rural Pre-K to Sixth Grade Elementary School District*. PhD. Dissertation. ProQuest LLC. 2010.
- Price, GR.; Ansari, D. (2014). Developmental dyscalculia: Characteristics, causes and treatments. *Paedagog Psychol Tidsskr. Oct;51(5–6):41–54.*
- Rader, L. (2009). Understanding the Cognitive Processes and Metacognitive Strategies That Work with Mathematical Learning Disabilities. *J Educ Psychol. May 1;3(1):1–6.*
- Reigosa-Crespo, V.; Valdés-Sosa, M.; Butterworth, B.; Estévez, N.; Rodríguez, M.; Santos, E. (2012). Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana Survey. *Dev Psychol. Jan;48(1):123–35.*
- Ross, A. (2012). Dyscalculia: what it is and other maths problems. *Education Today*, 62 (00131547). United Kingdom; p. 27–9.
- Rotzer, S.; Loenneker, T.; Kucian, K.; Martin, E.; Klaver, P.; von Aster, M. (2009). Dysfunctional Neural Network of Spatial Working Memory Contributes to Developmental Dyscalculia. *Neuropsychologia Nov 1;47(13):2859–65.*
- Rousselle, L.; Noël, M-P. (2008). Mental Arithmetic in Children With Mathematics Learning Disabilities: The Adaptive Use of Approximate Calculation in an Addition Verification Task. *J Learn Disabil. Nov;41(6):498–513.*

- Rubinsten, O. (2009). Co-occurrence of developmental disorders: The case of Developmental Dyscalculia. *Cogn Dev. Oct;24(4):362–70.* Available from: <http://10.0.3.248/j.cogdev.2009.09.008>
- Sadler, FH. (2009). Help! They Still Don't Understand Counting. *Teach Except Child Plus.Oct 1;6(1).*
- Schneider, DL. (2012). *Neuropsychological Predictors of Math Calculation and Reasoning in School-Aged Children.* ProQuest LLC.
- Schneider, DL. (2013). *Neuropsychological predictors of math calculation and reasoning in school-aged children.* Vol. 74, Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences. [US]: ProQuest Information & Learning;
- Seo, Y-J.; Bryant, D. (2012). Multimedia CAI Program for Students With Mathematics Difficulties. *Remedial Spec Educ. Jul;33(4):217–25.* Available from: <http://10.0.4.153/0741932510383322>
- Seo, Y-J.; Bryant, DP. (2009). Analysis of studies of the effects of computer-assisted instruction on the mathematics performance of students with learning disabilities. *Comput Educ. Nov;53(3):913–28.* Available from: <http://10.0.3.248/j.compedu.2009.05.002>
- Shaw, M. (2012). Innovative practice - A numbers game. Using especially created, interactive computer games to help children with dyscalculia. *TES Times Educ Suppl. Jan 13;(4975):10.*
- Simos, PG.; Kanatsouli, K.; Fletcher, JM.; Sarkari, S.; Juranek, J.; Cirino, P. (2008). Aberrant spatiotemporal activation profiles associated with math difficulties in children: A magnetic source imaging study. *Neuropsychology. Sep;22(5):571–84.*
- Sparrow L. (2008). Real and Relevant Mathematics: is it realistic in the classroom? *Aust Prim Math Classr. Jun;13(2):4–8.*
- Stark, D.; Eve, M.; Murphy, T. (2016). Interactive Specialisation Theory, typical numerical development and the case of dyscalculia. *Educ Child Psychol. Mar;33(1):65–74.*
- Szucs, D.; Devine, A.; Soltesz, F.; Nobes, A.; Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex: A J Devoted to Study Nerv Syst Behav. Nov;49(10):2674–88.*
- Tobia, V.; Fasola, A.; Lupieri, A.; Marzocchi, GM. (2016). Numerical Magnitude Representation in Children With Mathematical Difficulties With or Without Reading Difficulties. *J Learn Disabil. Mar;49(2):115–29.* Available from: <http://10.0.4.153/0022219414529335>
- Toll, SWM.; Kroesbergen, EH.; Van Luit, JEH. (2016). Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics. *Br J Educ Psychol. Sep;86(3):429–45.*
- Tournaki, N.; Bae, YS.; Kerekes, J. (2008). Rekenrek: A Manipulative Used to Teach Addition and Subtraction to Students with Learning Disabilities. *Learn Disabil -- A Contemp J. Sep;6(2):41–59.*

- Vaden-Kiernan, M.; Borman, G.; Caverly, S.; Bell, N.; Ruiz de Castilla, V.; Sullivan, K (2015). *Preliminary Findings from a Multi-Year Scale-Up Effectiveness Trial of Everyday Mathematics*. Society for Research on Educational Effectiveness. Society for Research on Educational Effectiveness.
- Van Steenbrugge, H.; Valcke, M.; Desoete, A. (2010). Mathematics learning difficulties in primary education: Teachers' professional knowledge and the use of commercially available learning packages. *Educ Stud. Feb*;36(1):59–71.
- Ware, S. (2016). Effects of Inclusion Classrooms on Academic Achievement of Students with Learning Disabilities and Students in General Education. *J Am Acad Spec Educ Prof. Jan 1*;125–40.
- Watson, LMMGN. (2008). Financing Higher Education: Three Case Studies in a Post-Disaster Recovery Environment. *Community Coll J Res Pract. Mar*;32(3):203–19.
- Willcutt, EG.; Petrill, SA.; Wu, S.; Boada, R.; DeFries, JC.; Olson, RK. (2013). Comorbidity between reading disability and math disability: Concurrent psychopathology, functional impairment, and neuropsychological functioning. *J Learn Disabil. Nov*;46(6):500–16.
- Xin, YP.; Tzur, R.; Hord, C.; Liu, J.; Park, JY.; Si, L. (2017). An Intelligent Tutor-Assisted Mathematics Intervention Program for Students with Learning Difficulties. *Learn Disabil Q. Feb 1*;40(1):4–16.
- Yssel, N.; Prater, M.; Smith, D. (2010). How Can Such a Smart Kid Not Get It? Finding the Right Fit for Twice-Exceptional Students in Our Schools. *Gift Child Today. Dec 1*;33(1):54–61.
- Yusta, N.; Karugu, G.; Muthee, J.; Tekle, T. (2016). Impact of Instructional Resources on Mathematics Performance of Learners with Dyscalculia in Integrated Primary Schools, Arusha City, Tanzania. *J Educ Pract. Jan 1*;7(3):12–8.
- Zhang, D. (2011). *The Effects of Strategic Training on Improving Multiplication Strategic Development in Children with Math Difficulties*. ProQuest LLC.
- Zhang, M.; Trussell, R.; Gallegos, B.; Asam, R. (2015). Using Math Apps for Improving Student Learning: An Exploratory Study in an Inclusive Fourth Grade Classroom. *TechTrends Link Res Pract to Improv Learn. Mar*;59(2):32–9. Available from: <http://10.0.3.239/s11528-015-0837-y>
- Zisimopoulos, D. (2010). Enhancing Multiplication Performance in Students with Moderate Intellectual Disabilities Using Pegword Mnemonics Paired with a Picture Fading Technique. *J Behav Educ.19*(2):117–33. Available from: <http://10.0.3.239/s10864-010-9104-7>

## 19.0 Figurer

Figur 1 Tragtmodellen med procenter. ....	8
Boks 1 Definition på talblindhed .....	24
Figur 2 Tragtmodellen med procenter. ....	31
Figur 3 Sammenhæng mellem biologisk niveau, kognitivt niveau og adfærdsniveau. ....	37
Figur 4 Miljøet og elevens gensidige påvirkning (Lukimat-modellen) .....	39
Figur 5 Oversigt over testdetaljer .....	40
Tabel 1 Weber-koefficienter for forskellige talpar. ....	42
Figur 6 Deltest 1 Prik - prik, hvor er der flest prikker? .....	46
Figur 7 Deltest 2A Talsymbol – talsymbol, hvilket tal er størst. ....	46
Figur 8 Deltest 2B Talsymbol – talsymbol, hvilket tal er størst. ....	46
Figur 9 Deltest 3 Symbol – prik, hvor er tallet og antallet af prikker det samme. ....	46
Figur 10 Beskrivelse af deltestene i fase 2.....	49
Figur 11 Screenshots fra Inquisite. ....	50
Tabel 2 Deltest 1, Korrelation mellem test 1 og 2, elektronisk. ....	52
Tabel 3 Seks elever med fuld reliabilitet i test 1 og test 2, elektronisk. ....	53
Figur 12 Fordeling af elevscorer i test 1 og test 2, elektronisk.....	54
Figur 13 Deltest 1, relation mellem variable fra de to test 1 og 2, elektronisk. ....	55
Figur 14 Deltest 1, test 1, sammenhæng mellem score og antal nået. ....	56
Figur 15 Deltest 1, test 2, sammenhæng mellem score og antal nået. ....	57
Tabel 4 Deltest 2, korrelation mellem test 1 og 2, elektronisk.....	58
Tabel 5 12 elever med fuld reliabilitet i test 1 og test 2, elektronisk. ....	58
Figur 16 Deltest 2, fordeling af scorer i test 1 og 2, elektronisk.....	59
Figur 17 Deltest 2, relation mellem variable fra de to test 1 og 2, elektronisk. ....	60
Figur 18 Deltest 2, test 1, sammenhæng mellem score og antal nået. ....	61
Figur 19 Deltest 2, test 2, sammenhæng mellem score og antal nåede .....	62
Figur 20 Screenshots af den digitale test udformet af @venture. ....	66
Figur 21 Scoreudregning for deltest 1 – 4. ....	68

Tabel 6 Fase 3 Antal rigtige og antal nået for de 10 % ringest præsterende. ....	69
Tabel 7. 10 % ringest præsterende i 4 ,3 ,2 eller 1 deltest. ....	70
Tabel 8 Resultater fra elever, som optræder blandt de svageste i 3 eller 4 deltest. ....	71
Tabel 9 Registrering af elevsvar.....	76
Figur 22 Rasch-analyse af deltest 1. ....	77
Figur 23 Deltest 1, Raschanalyse af items, ICC graf. ....	80
Tabel 10 Deltest 1, differential item functioning analyse. ....	80
Figur 24 Deltest 1, hyppighed af korrekte svar. ....	81
Tabel 11 Procentfordeling over scorer i deltest 1. ....	87
Tabel 12 Samtale 1 og 2 elevers score i deltest 1.....	88
Tabel 13 Procentfordeling over scorer i deltest 2. ....	89
Tabel 14 Samtale 1 og 2 elevers score i deltest 2.....	90
Tabel 15 Procentfordeling over scorer i deltest 3. ....	91
Tabel 16 Samtale 1 og 2 elevers score i deltest 3.....	92
Tabel 17 Procentfordeling over scorer i deltest 4. ....	93
Tabel 18 Samtale 1 og 2 elevers scorer i deltest 4. ....	94
Tabel 19 Eksempler på scoreopgørelser.....	95





