



Lean in het voortgezet onderwijs: een overzicht van eerste projectresultaten

17 mei 2016

Onderzoeksteam

Drs. Carolina Spronk
Drs. Jose Lopez Alvarez
Drs. ing. Jorick Dam
Drs. Jelle Hahn
Drs. Rosa Vermeulen
Dr. Jan Riezebos
Drs. Wim Kokx (OSVS)
Prof. dr. Iris Vis

Samenvatting

Nederlandse scholen streven naar meer actieve betrokkenheid van de leerlingen in de kern van de onderwijsprocessen (leren, onderwijzen en beoordelen) door het aanbieden van meer maatwerk. Het doel van gepersonaliseerd leren in het voortgezet onderwijs is dat elke leerling op het juiste moment het juiste type onderwijs voor elk vak krijgt om zo verspillingen in het leerproces te voorkomen. Waar we in het huidige onderwijssysteem vaak jaarlijks vastgestelde lesroosters zien, zal in gepersonaliseerd onderwijs de coördinatie van de activiteiten en de besluitvorming met betrekking tot de individuele leerbehoeften van de leerlingen op de werkplek worden genomen in een interactie tussen leraar en leerling. Om een hoogkwalitatief en tegelijkertijd kosten-efficiënt systeem te ontwerpen, is de verwachting dat een nieuw logistiek paradigma nodig is om de kern onderwijsprocessen te organiseren. Belangrijke elementen van het onderliggende logistieke systeem zijn flexibiliteit in roostering, groepssamenstelling, inzet van leraren en keuze van werkmethode om zo te bereiken dat elke leerling op elk gewenst moment op basis van eigen leertempo, niveau en ambitie voor elk vak zijn doelen kan bereiken.

Voor zover bij ons bekend, zijn er nog geen studies uitgevoerd naar het ontwerp van de logistiek van gepersonaliseerd leren. In de hierna beschreven studies zullen we specifiek de kennis van lean theorie gebruiken om te komen tot voorstellen voor methodieken die kunnen worden toegepast bij het ontwerp van kernonderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren. Het ontstaan van lean vindt zijn oorsprong in de Japanse auto-industrie en wordt tegenwoordig toegepast in zowel profit- als non-profit organisaties. Kernwoorden van een lean benadering zijn respect voor de mens, waarde voor de klant, betrokkenheid van medewerkers, vermijden van verspilling, en een vraaggestuurde in plaats van een aanbodgedreven benadering.

In dit rapport bespreken we de resultaten van een eerste verzameling van studies die zijn uitgevoerd om zo nieuwe kennis te ontwikkelen op het gebied van lean en logistiek die vervolgens kan worden vertaald naar implementatie-strategieën en concrete instrumenten voor scholen. De onderzoekers hebben de projecten in nauwe samenwerking met het onderwijsveld uitgevoerd. Belangrijke bouwstenen die terugkomen in de verschillende onderzoeksprojecten zijn

1. conceptualisatie en visualisatie van gepersonaliseerd leren;
2. simulatie en het ontwikkelen van nieuwe besturingsregels.

Conceptualisatie en visualisatie

De studies in hoofdstuk 2 en 3 laten zien dat lean inzetbaar is in de kernprocessen van het voortgezet onderwijs. We constateren dat de conceptualisatiefase van lean voor de kernonderwijsprocessen begint bij het omschrijven wie de *klant* in het systeem is. Lean experts geven aan dat de leerling als klant kan worden gezien aangezien hij/zij zelf actief participeert in het leerproces. Een direct gevolg hiervan is dat de leerling en diens leerproces leidend zijn in het bepalen van onderwijsaanbod om zo op het juiste moment aan de klantvraag te kunnen voldoen. Voor verschillende school-gebonden termen is een lean-term gevonden. Voorbeelden hiervan zijn:

- Differentiatie – pull;
- Coaching – aansturing op het vermijden van verspilling;
- Flexibiliteit in werktempo, werkmethode, lessen – make to order systeem.

Een cultuur van “continu verbeteren” is een belangrijk bouwsteen van toepassing van lean in kernonderwijsprocessen en kan worden gekoppeld aan een kwaliteitsmanagementsysteem voor gepersonaliseerd leren. Een gezamenlijke aanpak van leraren, leerlingen en ouders staat voorop om zowel in de ontwerpfase als tijdens de daadwerkelijke operatie te zoeken hoe verspillingen kunnen worden vermeden en de klantwaarde kan worden verbeterd. Het gebruik van gezamenlijke

afspraken (standaarden) speelt hierbij een grote rol, bijvoorbeeld in relatie tot coaching en feedback geven. In vervolgonderzoek gaan we nadrukkelijk op zoek naar de betekenis van deze uitkomsten voor de onderwijsorganisatie, parallellen te zoeken met tools die in het onderwijs worden gebruikt (bijv. logboeken). Daarnaast gaan we op zoek naar de vertaling van de resultaten naar concrete handvatten voor leraren en schoolbesturen om de genoemde standaarden, een pull benadering, flow en vermijden van verspillingen vorm te gaan geven.

De resultaten in hoofdstuk 4 laten zien dat procesvisualisatie kan ondersteunen bij het opsporen van verspillingen in kernonderwijsprocessen. Value Stream Mapping en stroomdiagrammen zijn belangrijke tools om de onderwijsprocessen te beschrijven. De workshops die tijdens het onderzoekstraject zijn georganiseerd met onderwijsgevend en – managers laten zien dat de gemaakte schema's en diagrammen helpen bij het nadenken over processen en het formuleren van vragen over de te maken keuzes in een ontwerpfase van gepersonaliseerd leren. We constateren dat het belangrijk is om een goede afweging te maken hoeveel detail moet worden getoond in de tekeningen. Het onderzoek in hoofdstuk 4 laat daarnaast zien dat een 'floormanager' een belangrijke rol heeft in de dagelijkse aansturing van kernonderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren. Op basis van beschikbare informatie neemt de floormanager beslissingen zoals welke les door welke leraar aan welke groep in welk lokaal wordt gegeven. De rol van informatie is hierbij van groot belang. Een nadere uitwerking hiervan is een vervolgstap in het onderzoek.

Ontwerp besturingsregels en simulatie

Simulatie is een belangrijk hulpmiddel om de prestaties (bijv. bezettingsgraden leraren, tijdsduur leerling voor afronden module) van verschillende alternatieven voor het ontwerp van gepersonaliseerd leersystemen te toetsen. Hoofdstuk 5 schetst aan de hand van de ervaringen met een eerste basis simulatiemodel welke aspecten een belangrijke rol spelen in de ontwerp fase. Specifiek gaat het daarbij om:

- de gekozen structuur van vakken;
- het rooster;
- het antwoord op de vraag "zit de leerling of de leraar aan het stuur?";
- formulering van besturingsregels voor bijvoorbeeld groepsvorming;
- mate van flexibiliteit in de volgorde waarin modules worden doorlopen;
- cohortgrootte;
- mate van vooruitkijken, dynamiek en flexibiliteit bij het maken van groepen van leerlingen.

In hoofdstuk 6 kijken we specifiek naar de beslissing hoe groepen flexibel en op basis van real-time informatie kunnen worden gemaakt. Studies met deze nieuwe regel laten zien dat de groepsomvang een direct effect heeft op het moment waarop een volgende les voor een bepaalde module wordt aangeboden, wachttijden van leerlingen en het tempo waarin leerlingen een bepaalde module afronden. Ook de inzet van leraren en ruimtes is zo inzichtelijk te maken. In hoofdstuk 7 bespreken we de resultaten van een eerste kleine studie naar de rol van het gedrag van leerlingen bij het formuleren van hun klantvraag en de mogelijke relaties met logistieke besturingsregels. In verder onderzoek zullen we nieuwe besturingsregels ontwikkelen voor de verschillende beslissingen die een rol spelen bij de aansturing en coördinatie van gepersonaliseerd leren.

Het in dit rapport beschreven onderzoek heeft de eerste inzichten opgeleverd over de toepassing van lean in de kernonderwijsprocessen van het voorgezet onderwijs en de uitdagingen bij het ontwikkelen van nieuwe logistieke instrumenten voor het ontwerp en aansturing van gepersonaliseerd leren. Het onderzoek vormt hiermee een duidelijke opmaat voor meer vraaggestuurd academisch onderzoek in deze richting.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
Inhoudsopgave	4
1. Introductie.....	7
1.1 Lean in het onderwijs	8
1.2 Overzicht eerste onderzoeksprojecten	9
2. Het conceptualiseren van lean in het voortgezet onderwijs	11
2.1 Introductie.....	11
2.2 Onderzoeksstappen.....	11
2.3 Conceptualisatie	12
2.4 Conclusies en aanbevelingen	13
3. Lean kwaliteitsmanagement voor gepersonaliseerd leren	15
3.1 Introductie	15
3.2 Onderzoeksmethode	15
3.3 De lean context.....	15
3.4 De context van gepersonaliseerd onderwijs	16
3.5 Integratie	16
3.6 Conclusies en aanbevelingen	18
3.7 Suggesties voor verder onderzoek	19
4. Visualisatie processen	20
4.1 Wat is value stream mapping?.....	20
4.2 Wat zijn stroomdiagrammen?.....	21
4.3 Methodologie	21
4.4 Value Stream Maps	22
4.4.1 Huidige situatie; hele schoolperiode.....	22
4.4.2 Huidige situatie; één schooljaar	23
4.4.3 Gepersonaliseerd leren; hele schoolperiode	23
4.5 Stroomdiagrammen	24
4.5.1 Macroniveau.....	24
4.5.2 Voorbereidingsfase	24
4.5.3 Week van een leerling	25
4.5.4 Dag van een leerling	25
4.5.5 Dag van een leraar.....	26
4.5.6 Proces floormanagement	27
4.5.7 Combinatie-uur	27
4.6. Conclusie	27
5. Procesontwerp gepersonaliseerd leren met behulp van simulatie	29
5.1 Introductie.....	29

5.2	Beschrijving basis simulatiemodel.....	29
5.3	Input data	31
5.4	Modellering	32
5.5	Verkregen inzichten.....	32
5.6	Conclusies en verder onderzoek	36
6.	Het ontwerpen van een nieuwe tool om groepen flexibel samen te stellen in gepersonaliseerd leren	37
6.1	Introductie	37
6.2	Onderzoeksstappen.....	37
6.3	Beslissingsregel voor flexibel batchen.....	38
6.4	Conclusies en aanbevelingen	43
6.5	Verder onderzoek.....	48
7.	Keuzegedrag van leerlingen	49
7.1	Inleiding	49
7.2	Methodologie	49
7.3	Resultaten interviews leraren	49
7.3.1	Leersnelheid	49
7.3.2	Keuze voor een les van een bepaald vak.....	50
7.3.3	Aantal uur per week per vak	50
7.3.4	Overige aspecten.....	51
7.4	Resultaten observaties keuzegedrag leerlingen	51
7.5	Conclusie en vervolgonderzoek.....	52
8.	Wrap-up, take-aways en verder onderzoek.....	53
8.1	Conceptualisatie van lean in het voortgezet onderwijs	53
8.1.1	Inzichten	53
8.1.2	Vervolgonderzoek	54
8.2	Conceptualisatie van kwaliteitsmanagement volgens lean	54
8.2.1	Inzichten	54
8.2.2	Vervolgonderzoek	55
8.3	Visualisatie van onderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren.....	55
8.3.1	Inzichten	55
8.3.2	Vervolgonderzoek	56
8.4	Ontwerp besturingsregels en simulatie	56
8.4.1	Inzichten	56
8.4.2	Verder onderzoek.....	57
9.	Bronnenlijst	59
10.	Contactinformatie onderzoeksteam	60
11.	Bijlagen	61

Bijlage A: Visualisatie.....	61
Bijlage A.1: VSM legenda.....	61
Bijlage A.2: VSM huidige situatie hele schoolperiode.....	62
Bijlage A.3: VSM huidige situatie één schooljaar.....	63
Bijlage A.4: VSM 'Zo.Leer.Ik!'-situatie hele schoolperiode.....	64
Bijlage A.5: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie macroniveau.....	65
Bijlage A.6: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie voorbereidingsfase.....	66
Bijlage A.7: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie week van een leerling.....	67
Bijlage A.8: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie dag van een leerling.....	68
Bijlage A.9: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie dag van een leraar.....	69
Bijlage A.10: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie proces floormanager.....	70
Bijlage A.11: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie combinatie-uur.....	71
Bijlage B: Simulatie.....	72
Bijlage B.1: Conceptueel model 'dag van een leerling'.....	72
Bijlage B.2: Conceptueel model 'dag van een leraar'.....	73
Bijlage B.3: Conceptueel model 'flexibele groepsvorming en rooster'.....	74
Bijlage C: Beslisregel voor flexibel batchen.....	75
Bijlage C.1: Totale stroomschema nieuwe tool.....	75

1. Introductie

Iris Vis, Wim Kokx, Jan Riezebos

Nederlandse scholen in het voortgezet onderwijs ondergaan intrinsieke veranderingen. Scholen streven naar meer actieve betrokkenheid van de leerlingen in de kern van de onderwijsprocessen en zoeken naar manieren om maatwerk te bieden in de leerprocessen van leerlingen (Onderwijsraad, 2015) (Onderwijsraad, 2013). Kernonderwijsprocessen omvatten het leren, onderwijzen en beoordelen (UNESCO, 2012). We doelen hierbij dus nadrukkelijk niet op de administratieve ondersteuning van onderwijsprocessen. Het doel van gepersonaliseerd leren in het voortgezet onderwijs is dat elke leerling op het juiste moment het juiste type onderwijs voor elk vak krijgt om zo verspillingen in het leerproces te voorkomen. Een groeiend aantal nationale en internationale voorbeelden toont het potentieel van het concept en de mogelijkheid om gepersonaliseerde leerconcepten te organiseren.

In het huidige onderwijssysteem zien we doorgaans een langetermijnplanning van de logistieke activiteiten, zoals toewijzingen van leraren aan vaste klassen en een jaarlijks vastgesteld lesrooster. In een dergelijke planning is er nauwelijks ruimte om tegemoet te komen aan behoeften van leerlingen in hun leerproces aan tempovariatie en meer of minder instructie of feedback in bepaalde vakken. Het systeem is niet goed in staat om te reageren op behoeften van leerlingen gedurende het jaar, terwijl het leerproces van de leerling uitgangspunt zou moeten zijn bij het aanbieden van onderwijs en ondersteuning. In een volledig geïmplementeerd systeem van gepersonaliseerd onderwijs zal de coördinatie van de activiteiten en de besluitvorming met betrekking tot de individuele leerbehoeften van de leerlingen op de werkplek worden genomen in een interactie tussen leraar en leerling. Een volledige één-leerling-op-één leraar situatie zal zowel vanuit sociaal en kostenperspectief niet de voorkeur hebben. Scholen verwachten daarom dat de implementatie van een systeem van gepersonaliseerd leren de vraag oproept om een nieuw logistiek paradigma voor de organisatie van de kern van de onderwijsprocessen. Met als doel om een hoogkwalitatief en kostenefficiënt systeem te ontwerpen waarin elke leerling op elk gewenst moment op basis van zijn¹ eigen leertempo, niveau en ambitie voor elk vak zijn doelen kan bereiken. Belangrijke elementen hiervan zijn de mogelijkheid voor flexibiliteit in roostering, groepssamenstelling, inzet van leraren en keuze van werkmethoden.

Voor zover bij ons bekend, zijn er nog geen studies uitgevoerd naar het ontwerp van de logistiek van gepersonaliseerd leren. Wij constateren dat nieuwe robuuste tools zullen moeten worden ontwikkeld voor het ontwerpen en plannen van de individuele leertrajecten van leerlingen op basis van beschikbare real-time informatie in het systeem en om tegelijkertijd individuele leertrajecten op een efficiënte manier te kunnen combineren. Vaak worden nieuwe concepten getest door trial-and-error op de werkplek om zo te zien wat er goed aan is en waar verbetering nodig kan zijn. Een duidelijk nadeel van deze manier van werken is het feit dat in principe experimenten met leerlingen en leraren worden uitgevoerd. Onze studies beogen om uitdagingen die scholen tegenkomen te conceptualiseren en te koppelen aan de literatuur in de academische vakgebieden logistiek en operations management. Op basis daarvan kunnen we nieuwe technieken ontwikkelen om maatwerk in het leerproces mogelijk te maken. Deze technieken worden eerst gevalideerd door middel van simulatie-experimenten met behulp van data van scholen die samenwerken in het 'Zo.Leer.Ik!'-project (Zo.Leer.Ik!, 2014).

In paragraaf 1.1 geven we een kort overzicht van mogelijke positionering in de academische vakgebieden logistiek en operations management. Als eerste onderzoeksstappen hebben we ons

¹ In deze rapportage zal 'hij' en 'zijn' gebruikt worden wanneer gerefereerd wordt naar een leerling of leraar. Deze woorden kunnen altijd vervangen worden door 'zij' en 'haar'.

gericht op conceptualisatie, visualisatie, data-analyses en het bouwen van een eerste simulatiemodel. In paragraaf 1.2 tonen we de samenhang van deze projecten en geven we een korte vooruitblik op de inhoud van dit rapport.

1.1 Lean in het onderwijs

Veel kennis binnen de gebieden operations management en logistiek is ontwikkeld in relatie tot uitdagingen die spelen in de industrie. Echter, voorbeelden uit onder andere het bibliotheekwezen, de zorg, en distributie tonen dat kennis uit operations management en logistiek ook kan worden toegepast binnen dienstverlenende sectoren. Dienstverlenende sectoren kenmerken zich doordat de klant een grotere rol speelt binnen de processen en het uiteindelijke resultaat (de dienst) minder tastbaar is. Ook met deze eigenschappen blijkt het zeker mogelijk om dienstverlenende processen efficiënt en effectief te organiseren. Het is onze verwachting dat toepassing van nieuwe logistieke kennis binnen het onderwijs kan bijdragen aan het invoeren van gepersonaliseerd onderwijs op een kostenefficiënte en leerling-effectieve wijze. Specifiek zullen we kennis van lean theorie gebruiken om te komen tot voorstellen voor methodieken die kunnen worden toegepast bij het ontwerp van kern onderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren.

De term lean is geïntroduceerd om de aanpak van de Japanse autofabrikanten te beschrijven die afweek van de traditionele massaproductie benadering die tot dan toe gangbaar was (Womack, Jones, & Roos, 1990). Kernwoorden van de lean benadering zijn respect voor de mens, waarde voor de klant, betrokkenheid van medewerkers, vermijden van verspilling, en een pull in plaats van een push benadering. In de onderwijscontext kunnen we verspillingen bijvoorbeeld zien als een gebrek aan interesse bij leerlingen voor de aangeboden leerstof omdat het aangeboden materiaal niet in overeenstemming is met voorkennis en vaardigheden. Een studie in de literatuur laat ons zien dat de toepassing van lean in het onderwijs vrijwel beperkt is tot de organisatie van ondersteunende processen.

Toepassing van lean binnen de kern van onderwijsprocessen is een onontgonnen gebied. Echter, met het door scholen ingezette pad naar introductie van gepersonaliseerd leren zien wij duidelijke parallellen met een transitie van een push naar een pull systeem die de basis vormt voor lean toepassingen in het bedrijfsleven. Door operations management terminologie te gebruiken, kunnen we de huidige organisatie van de kern onderwijsprocessen als een push systeem beschrijven. In principe worden de leerlingen door schooljaren 'geduwd', ongeacht hun individuele leerbehoeften. Een systeem van gepersonaliseerd leren daarentegen kan in operations management termen worden beschreven als een pull systeem waarbij de individuele leerpaden van leerlingen en hun vraag om onderwijs centraal staat en waarbij het de intentie is om verspillingen in het leerproces tot een minimum te beperken.

Om een overzicht te krijgen van de uitdagingen die worden verwacht met de invoering van gepersonaliseerd leren, hebben wij gesprekken gevoerd met experts in het onderwijsveld. Samengevat presenteren wij hieronder hun verwachtingen van uitdagingen bij de nu in gang zijnde overgang van een push naar een pull-systeem:

1. In een volledig gepersonaliseerd systeem zullen leerlingen de regie over hun eigen leerroute nemen. In deze pull situatie is het van belang om te komen tot een herdefinitie van de rol van leerlingen en leraren in de kern van onderwijsprocessen, en coachingsactiviteiten.
2. Leerlingvolgsystemen bevatten in een gepersonaliseerd systeem meer informatie over individuele leerlingen, zoals ambities, doelen, leerpaden en prestaties. Nieuwe technieken zijn nodig om de voortgang van leerlingen te monitoren en te signaleren wanneer interventies nodig zijn om de prestaties van leerlingen, indachtig door hun zelf geformuleerde doelen, te bevorderen. Van belang is om de administratieve werklast tot een minimum te beperken.
3. De rol van de leraren zal worden uitgebreid tot het zijn van een leraar, coach en pedagoog. Het gedrag van leraren heeft een directe relatie met de individuele leerroutes van leerlingen. De

schoolleiding zal het ontwikkelen van nieuwe vaardigheden bij leraren aanmoedigen en leraren voorbereiden op wat te verwachten bij introductie van gepersonaliseerd leren.

4. In een systeem van gepersonaliseerd leren zal coördinatie en planning van activiteiten niet op voorhand gebeuren maar ontstaan door een interactie tussen leraren en leerlingen op basis van op dat moment beschikbare informatie. Nieuwe tools zijn nodig om deze transitie mogelijk te maken.
5. Flexibiliteit vormt de sleutel tot succesvol gepersonaliseerd leren, onder andere in het gebruik van klaslokalen, lesmethoden, real-time toewijzingen van leraren aan leerlingen en de planning van onderwijsactiviteiten. Nieuwe coördinatie-instrumenten zijn nodig om real-time besluitvorming mogelijk te maken waarbij het gedrag van leerlingen en leraren wordt meegenomen, flexibiliteit wordt gewaarborgd, de juiste ondersteuning aan leerlingen wordt geboden, werkdruk voor leraren op het juiste niveau is en volledige transparantie in alle activiteiten bestaat.
6. Feedback en reflectie zijn belangrijke elementen van gepersonaliseerde leersystemen. Formatieve toetsing (inhoud, timing, hoeveelheid) moet worden gekoppeld aan elk leertraject om de prestaties te monitoren, te herkennen waar de leerlingen mee worstelen of in uitblinken en leraren te helpen om de juiste adviezen te geven. Summatief toetsen blijft belangrijk om de prestaties van leerlingen te evalueren en kan gebruikt worden voor het afleggen van verantwoording.

Een volledige implementatie van gepersonaliseerd leren op grote schaal waarbij bovenstaande uitdagingen worden geadresseerd vraagt om het ontwikkelen van nieuwe kennis. Dit rapport beschrijft de resultaten van eerste onderzoeksstappen op dit gebied.

1.2 Overzicht eerste onderzoeksprojecten

Wij zien dit project als een schoolvoorbeeld van vraaggestuurd academisch onderzoek. We beogen de gestelde vragen over het ontwerp van een nieuw logistiek paradigma te vertalen naar onderzoeksvragen, wetenschappelijke kennis te ontwikkelen, en vervolgens de opgeleverde wetenschappelijke resultaten te vertalen in de vorm van implementatie-strategieën en concrete instrumenten die door scholen kunnen worden toegepast. Hierdoor kunnen vermijdbare fouten in de organisatie van het concept van gepersonaliseerd leren op grond van wetenschappelijk onderzoek en de uitkomsten van de bijbehorende simulatiestudies en implementatieadviezen hopelijk worden voorkomen. Het bijbehorende onderzoekstraject kent vele dimensies en zal niet van de ene op de andere dag zijn afgerond. Dit rapport toont een overzicht van de eerste onderzoeksprojecten die zijn uitgevoerd, beschrijft verkregen wetenschappelijke resultaten, geeft een schets van eerste inzichten die relevant zijn voor de dagelijks praktijk op scholen, en formuleert een overzicht van benodigd vervolgonderzoek.

Zoals genoemd zijn conceptualisering, visualisatie, data-analyses, simulatie en het ontwikkelen van nieuwe besturingsregels belangrijke bouwstenen van onderzoeksprojecten waar we nieuwe logistieke kennis proberen te formuleren en/of bestaande kennis te vertalen naar een nieuwe toepassing. De in dit rapport beschreven projecten kunnen één-op-één worden gekoppeld aan een of meerdere van deze bouwstenen en de hierboven genoemde uitdagingen. Alle onderzoeksprojecten zijn uitgevoerd in nauwe samenwerking met het onderwijsveld door middel van expertsessies, observaties, interviews, data-analyses en discussiesessies. Deze projecten kunnen worden gezien als eerste stappen op weg naar een volledige beantwoording van gestelde onderzoeksvragen. Zoals uitgebreid beschreven in elk hoofdstuk zien wij vele interessante onderzoeksvragen die in vervolg onderzoeksprojecten aan bod kunnen komen.

We categoriseren de projecten die de basis vormen voor dit rapport als volgt:

- Conceptualisatie en visualisatie (relatie uitdagingen 1, 2, 3, 4 en 6):
 - Conceptualisatie van lean in het voorgezet onderwijs (zie hoofdstuk 2).

- Conceptualisatie van kwaliteitsmanagement volgens lean (zie hoofdstuk 3).
- Visualisatie van onderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren (zie hoofdstuk 4).
- Ontwerp besturingsregels en simulatie (relatie uitdagingen in 3, 4 en 5):
 - Implementatie simulatiemodel en afleiden eerste inzichten (zie hoofdstuk 5).
 - Ontwikkelen beslisregel voor flexibel samenstellen van groepen leerlingen (zie hoofdstuk 6).
 - Analyse gedrag leerlingen door middel van observaties en data-analyses (zie hoofdstuk 7).

Overkoepelende analyses van de resultaten en eerste inzichten voor de dagelijkse schoolpraktijk worden gedeeld in hoofdstuk 8. Hoofdstuk 8 toont eveneens vragen voor vervolgonderzoek.

2. Het conceptualiseren van lean in het voortgezet onderwijs

Jorick Dam

2.1 Introductie

Gepersonaliseerd leren in het voortgezet onderwijs (VO) vraagt om een andere organisatie van de primaire onderwijsprocessen dan in het huidige onderwijssysteem, bijvoorbeeld voor het opstellen van lesroosters. Dit onderzoek is gericht op het aanreiken van handvatten voor het ontwerp van gepersonaliseerd leren door parallellen te trekken met geleerde lessen uit het bedrijfsleven. De potentiële toegevoegde waarde van lean is reeds in hoofdstuk 1 toegelicht. Het doel van dit onderzoek was het beschrijven van het gepersonaliseerd leren onderwijssysteem in lean terminologie; de conceptualisatie. Is de leerling een klant of een product?

De waarde van dit onderzoek is driedelig, namelijk: 1) de toepassing van lean in primaire onderwijsprocessen, 2) de betrokkenheid van en interactie tussen lean experts met zeer verschillende achtergronden, en 3) het ontwerp voor de organisatie van gepersonaliseerd leren in het voortgezet onderwijs.

Voor een volledig uitwerking van de inhoud van dit onderzoek verwijzen we naar Dam (2016).

2.2 Onderzoeksstappen

Vooraf is een raamwerk opgesteld voor de uitvoering van het onderzoek. De hoofdvraag hierbij is: 'hoe kunnen de belangrijkste elementen van gepersonaliseerd leren worden beschreven aan de hand van lean?'. Om een antwoord op deze vraag te vormen, is deze opgesplitst in een aantal deelvragen die ieder volgens bijpassende methoden zijn onderzocht. De stappen van het onderzoek met deelvragen en methoden worden onderstaand kort behandeld.

Allereerst zijn de belangrijkste onderwijselementen en stakeholders voor gepersonaliseerd leren geïdentificeerd door een vragenlijst voor te leggen aan onderwijsexperts. Uiteindelijk bleken dit te zijn:

- de leerling;
- het persoonlijke ontwikkelgesprek met de coach;
- de leraar.

Ten minste deze elementen zullen worden meegenomen in de conceptualisatie, maar de conceptualisatie is absoluut niet beperkt tot deze elementen.

Daarnaast is wetenschappelijke literatuur over het begrip lean bekeken. Dit leverde een kapstok op voor het vervolg van het onderzoek, namelijk de lean principes (en doelen) waarop de lean filosofie is gebaseerd:

- streven naar perfectie (eliminieren van verspilling: 'muda');
- specificeren van klantwaarde;
- in kaart brengen van de waardeestroom/-keten;
- creëren van 'flow' (eliminieren van variabiliteit/ongelijkmatigheid: 'mura');
- instellen van 'pull' (productie);
- continu verbeteren.

Vervolgens is in literatuur over een aantal werkvelden waarin lean al langer wordt gebruikt de representatie van de lean principes geïnventariseerd. De voordelen van lean kunnen namelijk alleen volledig worden benut wanneer alle principes worden toegepast. De toepassingsgebieden zijn:

- Traditioneel

- industrie: productie en distributie logistiek.
- Publieke dienstensector
 - overheid;
 - gezondheidszorg;
 - hoger onderwijs;
 - rechtspraak;
 - bibliotheek dienstverlening.

Een overzichtstabel van de literatuur toonde aan dat de lean principes in de traditionele contexten veelvuldig zijn beschreven. In de nieuwere werkvelden in de publieke dienstensector bleek dit veel minder het geval te zijn. Voor de conceptualisatie van lean in het voortgezet onderwijs betekent dit dat de principes 1) het in kaart brengen van de waardeestroom/-keten, 2) creëren van 'flow', 3) instellen van 'pull' (productie), en 4) continu verbeteren extra aandacht verdienen tijdens het verdere onderzoek.

In de volgende stap van het onderzoek zijn 25 interviews met lean experts met een achtergrond in de eerder genoemde vakgebieden afgenomen. Aan de hand van het interviewprotocol werd de gesprekspartners allereerst gevraagd naar hun eigen ervaring met de lean principes in de context waarin zij actief zijn. Vervolgens is een vertaalslag gemaakt vanuit deze ervaring om zo lean in het voortgezet onderwijs te definiëren. Een casusbeschrijving van gepersonaliseerd leren is gebruikt om de experts kennis te laten maken met dit onderwijssysteem. De resultaten van de interviews zijn vervolgens gebruikt voor het opstellen van de conceptualisatie, die in paragraaf 2.3 nader wordt toegelicht. De mogelijke rol die is weggelegd voor lean in het voortgezet onderwijs krijgt hierdoor gestalte.

Ter validatie van de resultaten van de interviews in de eerste conceptualisatie en om stellingen omtrent discrepanties hierin te bediscussiëren is een rondetafelgesprek georganiseerd. Tijdens deze sessie zijn de verschillende gesprekspartners van de individuele interviews en experts uit de onderwijswereld bij elkaar gebracht. Dit heeft geleid tot bevestiging van de eerste inspanningen en scherpere formulering hiervan.

2.3 Conceptualisatie

De conceptualisatie beschrijft gepersonaliseerd leren als een onderwijssysteem waarin leerpaden zijn toegesneden op de behoeften van leerlingen. Leerpaden bestaan uit zowel gestandaardiseerde modules en keuzes. Het onderwijssysteem wordt gefaciliteerd door een verbeterproces waarin leerling en leraren een rol spelen om met behulp van verzamelde data gericht acties te kunnen ondernemen. Tabel 2-1 is de vertaaltabel van de lean principes voor de context van gepersonaliseerd leren in het voortgezet onderwijs.

Behalve deze vertaling van de lean principes gaven de interviewpartners ook aanvullingen hierop om te helpen bij de introductie van lean. Deze zijn erop gericht dat onderwijsinstellingen een organisatie-specifieke (verbeter)cultuur ontwikkelen geïnspireerd op de lean filosofie. Hierin moet vooral ook aandacht uitgaan naar het menselijke aspect voor zowel leerlingen, die niet altijd de verantwoordelijkheid kunnen dragen voor hun eigen leerproces, als leraren, die een heel andere bijkomende rol krijgen als coach en hun werkzaamheden meer aan leerlingen zullen moeten gaan aanpassen.

De samenhang van de verschillende onderzoeken in dit rapport komt ook terug in de conceptualisatie. De studie naar het flexibel vormen van groepen leerlingen uitgevoerd door Jelle Hahn (zie hoofdstuk 6) sluit nauw aan op het tegengaan van verspillingen in gepersonaliseerd leren zoals wachttijden, want die passen uiteraard niet bij het leveren van klantwaarde. Het lean kwaliteitsmanagementsysteem van Rosa Vermeulen (zie hoofdstuk 3) ondersteunt de voortgang van

leerlingen in hun onderwijs. Met andere woorden wordt zo dus de ‘flow’ van het onderwijssysteem op peil gehouden. Tot slot vormt de analyse van het keuzegedrag van leerlingen door Carolina Spronk (zie hoofdstuk 7) een eerste aanzet tot het voorspellen hiervan bij het instellen van ‘pull’.

Streven naar perfectie (eliminieren van verspilling: ‘muda’)
<ul style="list-style-type: none"> • Constant leerproces en voortgang voor de leerling. • Het leveren van klantwaarde.
Specificeren van klantwaarde: klant = leerling
<ul style="list-style-type: none"> • Leerdoelen. • Dicht het gat tussen de competenties op het moment van starten en de einddoelen.
In kaart brengen van de waardeestroom/-keten
<ul style="list-style-type: none"> • Modulair leerpad. • Ondersteun beslissingen van leerlingen door middel van een keuzemenu. • Identificeer onderwijsfamilies en link die aan een proces.
Creëren van ‘flow’ (eliminieren van variabiliteit/ongelijkmatigheid: ‘mura’)
<ul style="list-style-type: none"> • Aggregeer de individuele behoeften van leerlingen naar een cumulatieve vraag naar modules. • Standaardiseer het organisatieproces en leerproces. • Maak gebruik van ‘levelling’ door flexibele capaciteit en het activeren van de vraag van leerlingen.
Instellen van ‘pull’ (productie)
<ul style="list-style-type: none"> • ‘Triggers’ voor productiestappen stroomopwaarts: aanvullen van buffers (capaciteit en tijd). • Voorspel de vraag naar standaards en ‘specials’ met verschillende scope door middel van data-analyse.
Continu verbeteren
<ul style="list-style-type: none"> • Een externe (leerling) en interne (schoolorganisatie) overlegstructuur. • Maak gebruik van visualisatie voor voortgangsbewaking en verbeteringen.

Tabel 2-1: Conceptualisatie van lean in het voortgezet onderwijs

2.4 Conclusies en aanbevelingen

De toepasbaarheid van lean in het voortgezet onderwijs staat als een paal boven water: er liggen vele kansen voor de organisatie van gepersonaliseerd leren vanuit de ervaring in andere vakgebieden met het lean denken. Lean denken stelt de behoeften van de klant centraal, wat goed aansluit bij de uitdaging van het onderwijs om de talenten van de leerlingen maximaal te helpen ontwikkelen. In gepersonaliseerd leren wordt de leerling duidelijk als klant met eigen behoeften aangaande het gewenste leerproces tegemoet getreden. Ouders en werkgevers spelen daarnaast een (hogere orde) klantenrol.

Dit onderzoek heeft ook een aantal richtingen voor verder onderzoek in beeld gebracht. Lean adviseert om met elkaar standaarden te ontwikkelen voor de manier waarop werkzaamheden worden uitgevoerd. Deze standaarden kunnen op basis van de opgedane ervaring worden verbeterd. Dit moet resulteren in het vastleggen van werkmethoden en -instructies op dagniveau, zodat er verschillende ‘varianten’ leerlingen bediend kunnen worden middels het onderwijs. Verder liggen er kansen voor uitbreiding van dit onderzoek naar het basis- en vervolgonderwijs, en het bedrijfsleven om tot een compleet gepersonaliseerd competentiesysteem te komen.

Dit onderzoek heeft de kaders geschetst voor de organisatie van gepersonaliseerd leren in het voortgezet onderwijs, echter begint het werk nu pas. Het is aan de scholen zelf om de inhoud te bepalen, zoals werkvormen en toetsing. Wat is de rol van standaardisatie hierbij vanuit pedagogisch en didactisch oogpunt? Kleinschalige pilots kunnen helpen om hier inzicht in te krijgen; test een klein aspect met invloed op een kleine omgeving. Een voorbeeld hiervan is om eens een eerste coachingsgesprek te voeren.

De noodzaak van gepersonaliseerd leren moet door de gehele school, zowel de leerlingen als het management, lerarenkorps en ouders gevoeld worden om zo de VO-school te transformeren zodat de leerling centraal staat; gepersonaliseerd leren georganiseerd aan de hand van lean!

3. Lean kwaliteitsmanagement voor gepersonaliseerd leren

Rosa Vermeulen

3.1 Introductie

Om als school kwalitatief hoog onderwijs te kunnen bieden, is kwaliteitsmanagement een fundamentele voorwaarde. Echter, in de transitie naar gepersonaliseerd leren zal het huidige klassieke kwaliteitsmanagementsysteem naar verwachting moeten veranderen naar een kwaliteitsmanagementsysteem dat complementair is aan dit nieuwe onderwijsmodel. De 'lean' filosofie is een van de meest wijdverspreide kwaliteitsconcepten. Ondanks zijn industriële context, wordt lean steeds vaker succesvol toegepast in andere sectoren om kwaliteitsmanagement vorm te geven. Om deze reden heeft dit onderzoek als doel de vereisten voor een kwaliteitsmanagementsysteem in gepersonaliseerd onderwijs op basis van lean filosofie te definiëren.

Voor een volledig uitwerking van dit onderzoek verwijzen we naar Vermeulen (2016).

3.2 Onderzoeksmethode

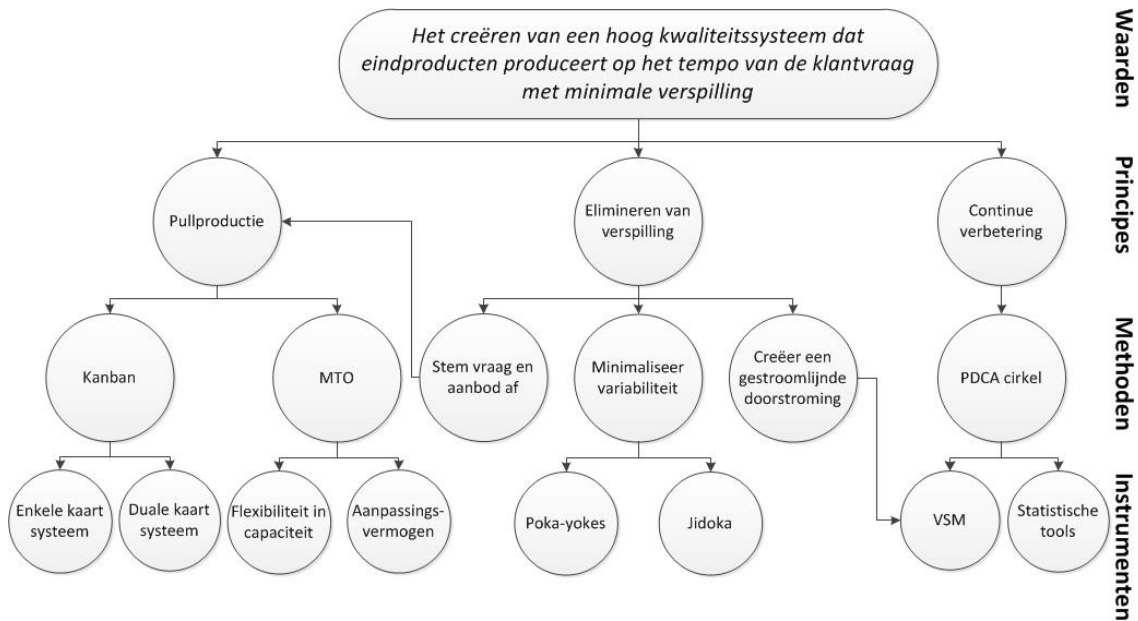
Dit onderzoek heeft gebruik gemaakt van een combinatie van drie verschillende kwalitatieve methoden: literatuuronderzoek, casestudy en comparatieve analyse. Het onderzoek is uitgevoerd in twee opeenvolgende fasen: 1) de conceptualisatie- en 2) de integratiefase. Tijdens de conceptualisatie zijn door middel van literatuuronderzoek de vereisten voor een lean kwaliteitsmanagementsysteem in kaart gebracht. Vervolgens zijn de vereisten gedefinieerd op basis van input uit het onderwijsveld en meer specifiek door middel van het uitvoeren van een meervoudige casestudy. De context van deze meervoudige casestudy wordt vertegenwoordigd door leraren, teamleiders en directieleden werkzaam op scholen voor het voortgezet onderwijs en aangesloten bij het 'Zo.Leer.Ik!'-netwerk. Vervolgens zijn tijdens de integratiefase deze twee kaders comparatief geanalyseerd. Deze analyse heeft geleid tot het conceptueel model van dit onderzoek waarin de vereisten voor een kwaliteitsmanagementsysteem in gepersonaliseerd onderwijs op basis van lean filosofie zijn gedefinieerd.

3.3 De lean context

Gedurende het literatuuronderzoek werd duidelijk dat er geen eenduidige academische definitie van lean of van lean kwaliteitsmanagement beschikbaar is. Om deze reden is gekozen om lean te beschouwen als een holistische filosofie, waarbij vier niveaus van abstractie de vereisten van een lean kwaliteitsmanagementsysteem weerspiegelen:

1. Waarden: hoe een organisatie zich dient te gedragen.
2. Principes: hoe een organisatie dient te denken.
3. Methoden: wat een organisatie moet doen.
4. Instrumenten: wat een organisatie moet hebben.

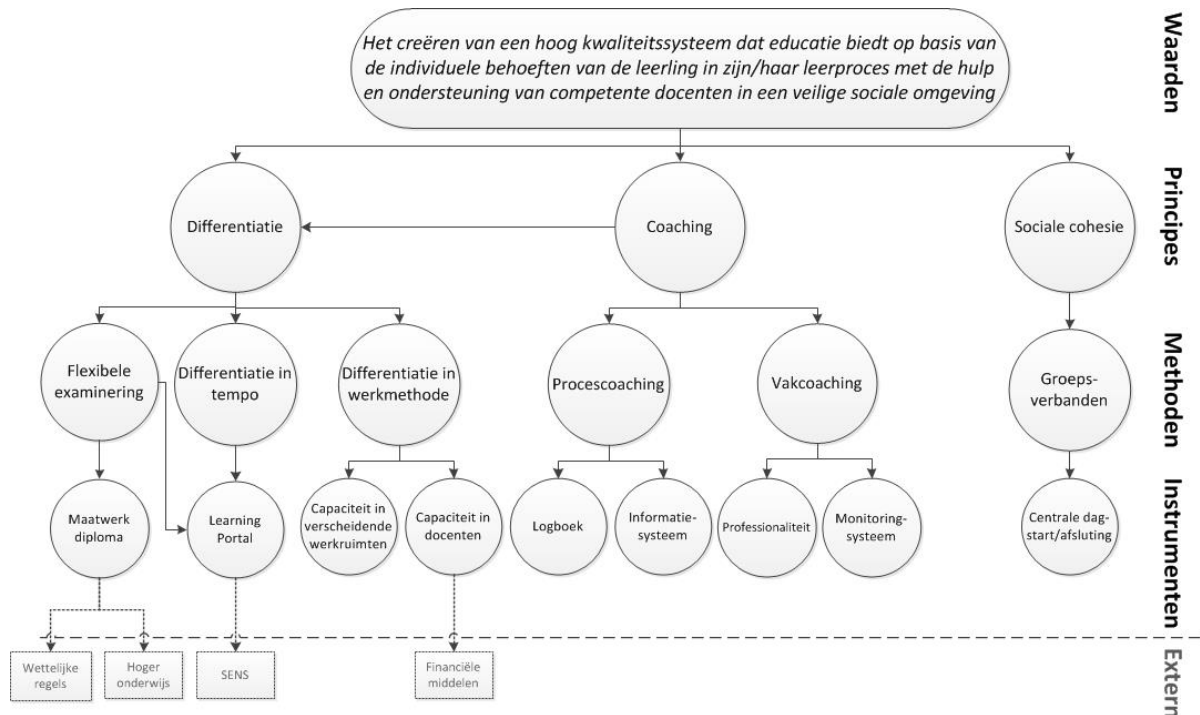
Op basis van literatuuronderzoek is vervolgens het onderstaande Lean Kwaliteitsmanagement Model ontwikkeld (Figuur 3-1).



Figuur 3-1: Lean Kwaliteitsmanagement Model

3.4 De context van gepersonaliseerd onderwijs

Om de vereisten voor een kwaliteitsmanagementsysteem in gepersonaliseerd onderwijs volgens het onderwijsveld te definiëren zijn interviews gehouden, zoals eerder beschreven. Vervolgens zijn de uitkomsten van de interviews door middel van thematisch coderen geanalyseerd. Deze analyse heeft geleid tot de ontwikkeling van onderstaand Gepersonaliseerd Onderwijs Kwaliteitsmanagement Model (Figuur 3-2). Voor een volledig uitwerking van de inhoud van dit model verwijzen we naar Vermeulen (2016).



Figuur 3-2: Gepersonaliseerd Onderwijs Kwaliteitsmanagement Model

3.5 Integratie

De laatste stap van dit onderzoek omvat de comparatieve analyse van voorgaande modellen met als doel de vereisten voor een succesvol Lean kwaliteitsmanagementsysteem in gepersonaliseerd

onderwijs te definiëren. De uitkomsten van deze analyse zijn vervolgens gepresenteerd in het conceptueel model (Figuur 3-3). Dit model toont dat lean methoden, principes en instrumenten op vele vlakken kunnen worden toegepast om kwaliteit in gepersonaliseerd onderwijs te verbeteren en waarborgen. Een aantal parallellen kan als volgt worden samengevat (voor een volledig overzicht verwijzen we naar Vermeulen (2016)):

Het principe van differentiatie in het onderwijs - het lean principe van pull control

In een lean pull systeem ontwerpen, plannen, en produceren organisaties producten op basis van een klantvraag. Dit kan worden vertaald naar de uitgangspunten van differentiatie in het onderwijs waarbij scholen reageren op de vraag van een individuele leerling.

Flexibele examinering en differentiatie in tempo en werkmethode – ‘make-to-order’ systeem

Een nieuwe leerling in het systeem kan worden gezien als een binnenkomende bestelling. De leerling wil zijn diploma halen, maar de weg ernaar toe moet nog worden bepaald. De leerling beweegt



Figuur 3-3: Conceptueel Model

vervolgens door de processen op basis van zijn behoeften die kan worden vertaald in een vraag naar een specifiek stukje stof aangeboden volgens een specifieke werkmethode. Vergelijkbaar aan een 'make-to-order' systeem zal er geen werk worden gedaan tot het moment dat een klant om een product vraagt.

Principe van coaching – reduceren van verspillingen

Coaching van leerlingen draagt er aan bij dat het onderwijs wordt afgestemd op de behoeften van individuele leerlingen. Hiermee worden verspillingen verminderd. Of te wel, alleen die activiteiten die waarde toevoegen aan het leerproces van de leerling worden aangeboden.

Monitoringsystemen – poka-yokes

Door het gebruik van monitoringsystemen of logboeken kunnen leraren op een eenvoudige manier vorderingen van leerlingen bijhouden en in combinatie met coaching kunnen eventuele problemen worden gesignaleerd. Poka-yokes systemen zijn eenvoudige tools in een lean systeem die worden toegepast om te voorkomen dat defecten in producten te lang onopgemerkt door het systeem gaan.

3.6 Conclusies en aanbevelingen

Uit het onderzoek kunnen de volgende kernconclusies worden getrokken:

Het belang van differentiatie

Om maatwerk te kunnen leveren, kunnen scholen differentiatie bieden op basis van flexibele examinering, differentiatie in tempo en differentiatie in werkmethode. Om deze differentiatie te bewerkstelligen, kunnen scholen denken in termen van pull-productie (zie ook hoofdstuk 1) waarbij het bijbehorende systeem ervoor zorgt dat het aanbod expliciet is gekoppeld aan de vraag van een leerling. Echter, een steeds veranderende vraag van leerlingen vereist flexibiliteit in capaciteit en aanpassingsvermogen. Een geschikte lay-out met lokalen met verschillende groottes en functies kan daarbij helpen. Daarnaast draagt een flexibele inzetbaarheid van leraren bij aan het kunnen omgaan met een steeds veranderende 'klantvraag' (zie ook hoofdstuk 1 en 5).

Het belang van coaching

Goede coaching is van groot belang om kwaliteit in gepersonaliseerd onderwijs te garanderen. Binnen het concept van coaching wordt een onderscheid gemaakt tussen proces- en vakcoaching. Deze eerste is gericht op het begeleiden van de leerling in zijn algehele leerproces; de laatste moet kwaliteit in vakonderwijs garanderen. Bij procescoaching is het van belang dat er minimale variatie in de kwaliteit van coaching sessies bestaat. Elke coach kan zorgvuldig de progressie van de leerling controleren en relevante informatie delen met alle andere betrokken leraren. Een logboek en een informatiesysteem gericht op het delen van leerling-specifieke informatie tussen leraren ondersteunt bij het voorkomen dat leerlingen door het net glippen. Bij vakcoaching zorgt voornamelijk de professionaliteit van de leraar voor kwalitatief hoogwaardig vakonderwijs. Daarbij kan een monitoringsysteem helpen om de sterke en zwakke kanten van een leerling te identificeren en zodoende de leerling juist te begeleiden.

Het belang van sociale cohesie

In de transitie naar gepersonaliseerd onderwijs is het van belang dat het sociale aspect van een school en klas niet wordt onderschat. Scholen dienen ervoor te waken dat gepersonaliseerd onderwijs geen individualistisch onderwijs wordt, omdat de sociale omgeving van vitaal belang is voor het welzijn, de prestaties en de sociaal-emotionele ontwikkeling van een leerling. Om sociale cohesie te waarborgen in gepersonaliseerd onderwijs zullen groepsverbanden moeten blijven bestaan. Dit kan in een andere vorm dan in de huidige vaste klassen, zolang leerlingen maar tot een veilige groep kunnen behoren.

Het belang van continue verbetering

Om steeds dichterbij het gewenste ideaal van kwaliteit te komen, is het van belang voor scholen om meer aandacht te besteden aan het proces van continue verbetering en dit proces te standaardiseren. Het verdient aanbeveling om dit proces te funderen op een PDCA-cyclus waarin alle belanghebbenden worden betrokken om veranderingen te plannen, uit te voeren, te evalueren en ten slotte op te acteren. Bovendien zal gebruik van statistieken de evaluatie van veranderingen ten goede komen aangezien gesprekken op persoonlijke perceptie in plaats van feiten gebaseerd kunnen zijn. Door het gebruik van statistieken kunnen benchmarks worden bepaald en kunnen prestaties worden gemeten, vergeleken en geëvalueerd over de jaren heen.

Omdat tijdens het onderzoek bleek dat er in het onderwijsveld nog weinig specifieke kennis is over de toepassing van lean raden wij scholen aan de hulp van lean experts en academici gespecialiseerd in dit vakgebied in te roepen. De kennis van deze professionals zal van waarde zijn om lean kwaliteitsmanagement vorm te geven in de transitie naar gepersonaliseerd leren. Ten tweede willen wij benadrukken dat de aanwezigheid van een breed draagvlak van vitaal belang is om deze transitie succesvol te laten verlopen. Omdat het bleek dat er naast veel enthousiasme ook veel weerstand onder leraren bestaat, raden wij aan het draagvlak 'bottom-up' te creëren in plaats van 'top-down' opgelegd door een directie. Alleen als er een breed draagvlak aanwezig is bij alle betrokken werknemers is een succesvolle transitie naar gepersonaliseerd onderwijs mogelijk.

3.7 Suggesties voor verder onderzoek

In het kader van dit onderzoek doen we een aantal suggesties voor verder onderzoek. Ten eerste is, vanwege beperkte tijd en middelen, een relatief klein aantal interviews afgenomen. Het uitvoeren van een groter aantal interviews zal de generaliseerbaarheid van dit onderzoek vergroten. Ten tweede hebben de interviews alleen plaatsgevonden op scholen aangesloten bij het 'Zo.Leer.Ik!'-netwerk. Nader onderzoek zou kunnen aantonen of de gedefinieerde vereisten anders zijn op scholen niet aangesloten bij dit netwerk. Daarnaast heeft in dit onderzoek geen validatie van het conceptueel model plaatsgevonden. In vervolgonderzoek zou dit model kunnen worden gevalideerd door middel van interviews met andere onderwijsprofessionals en lean experts. Ten slotte zijn enkel onderwijsprofessionals geïnterviewd over hun ervaringen en perceptie ten opzichte van gepersonaliseerd leren. Het zou waardevolle inzichten kunnen bieden om de ervaren kwaliteit van dit nieuwe onderwijsmodel te onderzoeken bij de uiteindelijke klant: de leerling.

4. Visualisatie processen

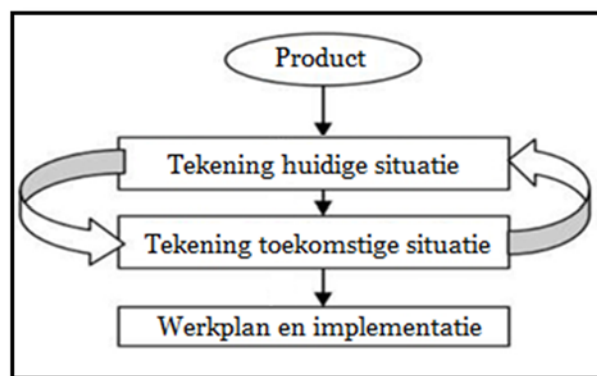
Carolina Spronk

Om verschillen tussen de reguliere manier van onderwijs en gepersonaliseerd leren in kaart te brengen en om meer inzicht te krijgen in het proces van gepersonaliseerd leren, zijn deze twee systemen gevisualiseerd. Door beide systemen te visualiseren wordt duidelijk waar (positieve) verschillen liggen. Door visualisatie kunnen mensen worden geprikkeld, en kunnen ideeën worden gegenereerd en worden overgebracht (Dumitrescu, 2012).

Om de processen in beide onderwijssystemen te visualiseren zijn Value Stream Maps (VSMs) en stroomdiagrammen (ook wel flowcharts genoemd) opgesteld. Dit hoofdstuk zal ingaan op deze visualisatie. Allereerst zal kort worden uitgelegd wat value stream mapping is. Vervolgens zal worden uitgelegd wat stroomdiagrammen zijn. In paragraaf 4.3 zal de methodologie worden besproken. Vervolgens zal paragraaf 4.4 gebruikt worden om de VSMs een voor een uit te leggen. In paragraaf 4.5 zullen de stroomdiagrammen aan bod komen. Het hoofdstuk eindigt met een conclusie.

4.1 Wat is value stream mapping?

Value stream mapping is een instrument binnen het lean management om de stroom van goederen en informatie te analyseren en transformeren (Martin & Osterling, 2013). Rother en Shook (2003) leggen value stream mapping als volgt uit: *volg van een product het productie-pad van klant tot leverancier en teken op zorgvuldige wijze een visuele weergave van elk proces in de stroom van goederen en informatie. Stel vervolgens een reeks belangrijke vragen en teken een 'future-state map' van hoe waarde zou moeten stromen.* In value stream mapping wordt onderscheid gemaakt tussen activiteiten die waarde toevoegen en activiteiten die dit niet doen (verspilling). Verspilling in de huidige situatie wordt, idealiter, geëlimineerd in de toekomstige situatie.

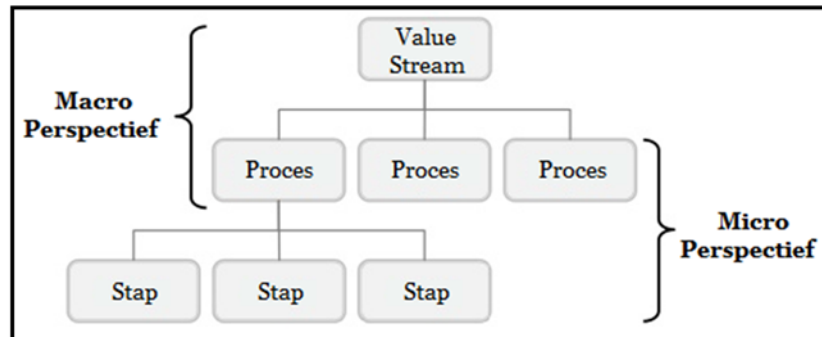


Figuur 4-1: Stappen binnen value stream mapping

Value stream mapping bestaat uit verschillende stappen. Een overzicht van deze stappen is weergegeven in Figuur 4-1. De eerste stap is het maken van een VSM van de huidige situatie. Dit geeft informatie om een toekomstige situatie op te stellen (stap 2). Zoals te zien is gaan er pijlen tussen de huidige en toekomstige situatie heen en weer. Dit houdt in dat ideeën voor de toekomstige situatie kunnen ontstaan bij het tekenen van de huidige situatie. Op dezelfde manier brengt het tekenen van de toekomstige situatie dingen aan het licht die bij de tekening van de huidige situatie over het hoofd kunnen zijn gezien. De laatste stap is het opstellen van een werkplan dat beschrijft hoe de toekomstige situatie kan worden bereikt en het daadwerkelijk implementeren van dit plan (Rother & Shook, 2003).

Binnen value stream mapping wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende niveaus. Martin en Osterling (2013) geven dit weer zoals te zien is in Figuur 4-2. Rother en Shook (2003) voegen hier aan

toe dat vanuit de totale waarde stroom niet alleen kan worden ingezoomd op processen en stappen binnen deze processen, maar dat ook kan worden uitgezoomd. Zo kunnen ook externe waarde stromen bekeken worden. Het hoogste niveau is het macroniveau. Dit niveau geeft een overzicht van de totale waarde stroom (Sayer & Williams, 2007). Hoe verder wordt ingezoomd, hoe groter de mate van detail wordt; wat meteen betekent dat verspillingen makkelijker aan te wijzen zijn.



Figuur 4-2: Verschillende niveaus binnen value stream mapping

4.2 Wat zijn stroomdiagrammen?

Het maken van stroomdiagrammen is een zelfde soort methode als value stream mapping. Het proces van een product (of service) wordt stap voor stap weergegeven. Stroomdiagrammen kunnen meer inzichten geven in een bepaald proces, omdat de processen in meer detail worden weergegeven. Deze methode wordt dus gebruikt om de invulling van verschillende deelprocessen en processtappen inzichtelijk te maken. Op deze manier kunnen fouten en afwijkingen in deelprocessen worden geïdentificeerd.

Naast de identificatie van fouten worden flowcharts veelvuldig gebruikt voor een uiteenzetting van de keuze- en beslissingsmogelijkheden voor de gebruiker. Flowcharts worden toegepast in verschillende gradaties: van een eenvoudige schematische afbeelding tot een complete procesbeschrijving. Hoe meer gegevens worden verwerkt in het stroomdiagram, hoe meer het diagram zal opleveren (LeanInfo, 2015).

4.3 Methodologie

Om de VSMs en stroomdiagrammen op te kunnen stellen is eerst een literatuurstudie uitgevoerd. Literatuur over gepersonaliseerd leren is gelezen om een beter beeld te krijgen van het gehele proces dat een leerling in deze situatie doorloopt. Daarnaast is informatie vergaard door gesprekken en observaties op de volgende drie scholen binnen het 'Zo.Leer.Ik!'-netwerk: Het College Vos te Vlaardingen, Het Lyceum Vos te Vlaardingen, en het Picasso Lyceum te Zoetermeer. Deze scholen zijn gekozen, omdat zij bezig zijn gepersonaliseerd leren in te voeren. Een andere manier waarop informatie over het proces is verkregen is door middel van Skypegesprekken met dhr. W. Kokx, directeur bestuurder Openbare Scholengroep Vlaardingen Schiedam (OSVS). Op deze manier is integratie van praktijkkennis, onderwijskundige principes, en theoretische kennis over value stream mapping en het maken van stroomdiagrammen bewerkstelligd.

De VSMs en stroomdiagrammen zijn eerst met de hand geschetst. Deze schetsen zijn vervolgens uitgewerkt in Microsoft Visio. Er zijn in totaal drie VSMs opgesteld, waarvan twee van de huidige situatie. Om de gemaakte VSMs te valideren zijn sessies gehouden met verschillende onderzoekers binnen het project, dhr. O. van Elk, een expert op het gebied van value stream mapping, en dhr. W. Kokx.

Bij het maken van de stroomdiagrammen is onderscheid gemaakt in niveaus. Allereerst is een diagram gemaakt op het hoogste niveau (macro) en vanuit daar is ingezoomd op verschillende

deelprocessen, waardoor nieuwe stroomdiagrammen zijn ontstaan. Tijdens het ontwerpen van de diagrammen is er regelmatig contact geweest met dhr. W. Kokx om te verifiëren of de weergegeven informatie juist is.

Nadat alle stroomdiagrammen waren opgesteld, is een validatiesessie gehouden. Deze sessie is gehouden op het Picasso Lyceum te Zoetermeer. Hierbij waren mensen aanwezig die verschillende functies in het voortgezet onderwijs beoefenen. Deze functies zijn rector, afdelingsleider, leraar, roostermaker, en voorzitter van de medezeggenschapsraad. Tevens waren er vijf onderzoekers van de Rijksuniversiteit Groningen aanwezig die betrokken zijn bij het onderzoek naar gepersonaliseerd leren. Tijdens de sessie is onder andere feedback ontvangen op de gemaakte diagrammen. Door de verschillende functies van de aanwezigen konden zaken vanuit verschillende perspectieven bekeken worden. De verkregen feedback is verwerkt en als laatste validatie zijn de aanwezigen van de validatiesessie gemailld met de uiteindelijke stroomdiagrammen.

4.4 Value Stream Maps

Er zijn in totaal drie VSMs opgesteld. De huidige situatie wordt beschreven door middel van twee VSMs en de situatie van gepersonaliseerd leren wordt weergegeven middels één VSM. De VSMs van de huidige situatie beschrijven de gehele schoolperiode die een leerling doorloopt en het proces binnen één schooljaar. Voor de situatie van gepersonaliseerd leren wordt alleen de gehele schoolperiode beschreven. Om dit proces in meer detail weer te geven zijn, zoals eerder genoemd, stroomdiagrammen opgesteld. Deze zullen worden beschreven in paragraaf 4.5.

Het belangrijkste verschil tussen de VSMs van de huidige situatie en de VSM van gepersonaliseerd leren is het feit dat in de huidige situatie het proces merendeels vanuit een klas wordt beschreven, terwijl bij gepersonaliseerd leren gekeken wordt naar de individuele leerling.

4.4.1 Huidige situatie; hele schoolperiode

Allereest is een VSM opgesteld die de hele schoolperiode in het huidige onderwijssysteem beschrijft. Deze VSM is te zien in Bijlage A.2 met de bijbehorende legenda in Bijlage A.1.

In de VSM is te zien dat leerlingen 'aangeleverd worden' vanuit een vooropleiding. Een leerling schrijft zich vervolgens in bij een school. Hierna wachten leerlingen tot er door de school klassen gemaakt zijn en het eerste schooljaar begint. Leerlingen volgen samen met de klas een schooljaar. Na een schooljaar wordt door de school beoordeeld of de leerling door mag naar het volgende jaar of dat hij het schooljaar opnieuw moet doen. Tussen de schooljaren in staan ook voorraden met wachtende leerlingen aangegeven. Dit houdt in dat er leerlingen kunnen zijn die eigenlijk al toe zijn aan leerstof van het volgende jaar, maar hierop moeten wachten tot het volgens het rooster tijd is om met deze stof bezig te gaan. Na de onderbouw moeten leerlingen een profiel kiezen voor de bovenbouw. Voor het VMBO gebeurt dit na leerjaar twee. Voor de HAVO en het VWO is dit keuzemoment na leerjaar drie. In het laatste schooljaar maken de leerlingen (met de hele klas) examens. Wanneer deze examens worden beoordeeld als voldoende, is de leerling klaar met het voortgezet onderwijs en gaat hij naar zijn vervolgopleiding of naar het bedrijfsleven. Als een leerling bij de inschrijving wordt afgewezen, stopt het proces hier. Ditzelfde is het geval wanneer een leerling een schooljaar voor een tweede keer niet heeft gehaald of als er persoonlijke omstandigheden zijn waardoor een leerling van school af gaat.

Naast het proces dat een leerling doorloopt wordt ook de besturing weergegeven in de VSM. Vanuit de directie wordt een schoolplan opgesteld. Dit gebeurt met inspraak van externe partijen. Leraren hebben invloed op dit schoolplan en kunnen ook gedurende het jaar het schoolplan beïnvloeden. Aan de hand van het schoolplan wordt het leerproces van leerlingen bestuurd. Zo worden er roosters gemaakt waarin staat welke klas wanneer welke les heeft. Leraren worden op deze manier ook gerosterd. Naast rooster en leraren is er ook lesmateriaal nodig. Dit lesmateriaal wordt aangeboden

via externe partijen. Ook is er een cijferregistratiesysteem aanwezig. Cijfers die leerlingen gedurende een schooljaar halen worden hierin opgeslagen. De directie en leraren hebben toegang tot dit systeem. Op basis van de cijfers van een leerling wordt beoordeeld of een leerling wel of niet naar het volgende leerjaar mag.

4.4.2 Huidige situatie; één schooljaar

Wanneer wordt ingezoomd op het proces dat een leerling doorloopt binnen een schooljaar, is te zien dat dit proces veel overeenkomsten heeft met het totale proces. De VSM van het proces binnen een schooljaar is te vinden in Bijlage A.3.

Opnieuw worden leerlingen 'aangeleverd' vanuit een vooropleiding. Voor het eerste leerjaar zal dit een basisschool zijn, maar voor leerjaar twee kan het eerste leerjaar worden gezien als vooropleiding. Vervolgens volgen leerlingen in klassen een vast aantal lessen per vak per periode. Aan het eind van een periode maken leerlingen toetsen. Echter kan het zo zijn dat bepaalde leerlingen al eerder klaar zijn om een toets te maken. Zij zullen moeten wachten tot het moment dat de toets afgenomen wordt. Een schooljaar is verdeeld in vier perioden. Aan het eind van het schooljaar wordt beoordeeld of de resultaten van een leerling voldoende zijn om door te mogen naar een vervolgopleiding of het volgende schooljaar, of dat een leerling het jaar moet overdoen. Binnen de periodes en aan het eind van het schooljaar kan een leerling door persoonlijke omstandigheden of door onvoldoende resultaten van school af moeten.

De besturing is in deze VSM nagenoeg hetzelfde als in de VSM uit 4.4.1.

4.4.3 Gepersonaliseerd leren; hele schoolperiode

De VSM die de schoolperiode van een leerling in gepersonaliseerd leren beschrijft is weergegeven in Bijlage A.4.

Net als in de huidige situatie worden leerlingen aangeleverd vanuit vooropleidingen. Leerlingen schrijven zich in bij een school. Bij afwijzing eindigt het proces voor deze leerling. Na de inschrijving moeten leerlingen wachten tot het schooltraject voortgezet kan worden. We bekijken hier enkel vakken die zijn opgedeeld in modules (i.e., modulevakken). Aangezien niet meer vast staat wat een leerling in een schooljaar moet hebben gedaan, is de schoolperiode opgesplitst in modules in plaats van schooljaren. Een leerling volgt instructies en/of zelfstudie van module één. De leerling geeft hiervoor zelf aan waar hij aan toe is en dat hij een leraar nodig heeft. Wanneer module één is afgerond zal de leerling aangeven dat hij een toets wil maken. Bij een onvoldoende moet de leerling (een deel van) module één opnieuw doen. Het lesmateriaal dat nodig is, is continu beschikbaar via de portal. Als een leerling module één heeft afgerond, kan hij naar de volgende module. Dit proces volgt de leerling voor alle vakken. Wanneer de leerling de laatste module van een vak heeft afgesloten zal hij een examen maken. Als alle examens gehaald zijn voor alle vakken kan de leerling naar een vervolgopleiding of naar het bedrijfsleven. Als het resultaat op het examen onvoldoende is, moet de leerling (delen uit) modules over de onderwerpen die onvoldoende waren opnieuw doen.

Ook bij gepersonaliseerd leren is besturing aanwezig. Het Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling (SLO) heeft voor alle modules vastgesteld welke leerdoelen bij een module horen. Dit vormt het schoolplan. De aanbieder van de online portal heeft dit schoolplan gebruikt om een portal te maken. In dit portal is per module per vak lesmateriaal beschikbaar voor leerlingen. Deze portal is continu beschikbaar. Waar in de huidige situatie leraren volgens een rooster aan klassen worden toegewezen, worden leraren bij gepersonaliseerd leren 'aangevraagd' door leerlingen. Pas als er leerlingen zijn die aangeven dat ze een les wiskunde willen hebben zal een leraar worden aangewezen. Er zal dus een pool met leraren zijn. Als een leraar is 'aangevraagd' kan deze niet meer worden 'aangevraagd' door andere leerlingen. Wanneer de les is afgelopen is de leraar weer beschikbaar. Dit wordt weergegeven door de pijl in de vorm van een ellips.

4.5 Stroomdiagrammen

Er zijn in totaal zeven stroomdiagrammen opgesteld. Hierbinnen beschrijft elke flowchart een ander (deel)proces van gepersonaliseerd leren. De processen die zijn geanalyseerd zijn het totale proces (macroniveau), de voorbereidingsfase, het proces dat een leerling doorloopt in een week, het proces dat een leerling doorloopt in een dag, het proces dat een leraar doorloopt in een dag, het proces dat de floormanager doorloopt, en het proces dat een leerling doorloopt binnen een combinatie-uur. Hier zal in deze paragraaf stuk voor stuk op in worden gegaan.

4.5.1 Macroniveau

Het eerste stroomdiagram dat is opgesteld is een stroomdiagram op macroniveau (zie Bijlage A.5.) voor gepersonaliseerd leren. Hierin wordt het proces dat een leerling doorloopt in de situatie van gepersonaliseerd leren beschreven. Dit diagram is opgesplitst in drie fasen. De eerste fase is de voorbereidingsfase, de tweede fase is het proces binnen een schooljaar, en de laatste fase is de examenfase.

Allereerst doorloopt de leerling de voorbereidingsfase. Deze fase wordt in meer detail beschreven in 4.5.2. Vervolgens start de leerling een groep modules. Verschillende vakken kunnen op verschillende niveaus worden gevolgd. De leerling volgt instructies, workshops, doet zelfstudie, en maakt toetsen. Toetsing is opgesplitst in formatieve en summatieve toetsing. Formatieve toetsen worden gemaakt als afronding van een module. Summatieve toetsen worden elk half jaar gemaakt. De inhoud van deze toetsen gaat over onderwerpen uit meerdere modules. De school geeft lessen, neemt toetsen af, beoordeelt de prestaties van de leerling, en coacht de leerling. De voortgang en prestaties van de leerling wordt continu online bijgehouden in een portaal. De informatie in dit portaal is continu beschikbaar voor leerling, leraren, en ouders.

De school geeft op twee verschillende manieren coaching, namelijk coaching op module, vak of niveau, en coaching op het proces. De eerst vorm, coaching op module, vak of niveau, wordt gebruikt tijdens begeleiding van zelfstudie en tijdens de wekelijkse persoonlijke coaching gesprekken. Coaching op het proces wordt gedaan door elk half jaar (of vaker indien nodig) een ontwikkelgesprek aan te gaan met de leerling. In dit gesprek worden de opgestelde eind- en tussendoelen van de leerling besproken.

Wanneer een leerling een module niet gehaald heeft, zal hij deze module opnieuw moeten doen. Het zal niet altijd nodig zijn om de gehele module over te doen. De leraar geeft aan welke onderwerpen binnen de module nog onvoldoende zijn. Deze zullen opnieuw bekeken moeten worden. Ook zal opnieuw een formatieve toets gemaakt moeten worden. Als de leerling een module gehaald heeft, kan hij verder met de volgende module van dit vak. Als een leerling erg goed blijkt in een vak en hij de ambitie heeft het vak op een hoger niveau te gaan volgen, is dit mogelijk. Als een leerling een bepaald niveau niet realiseert, bestaat ook de mogelijkheid om het vak op een lager niveau te volgen. Als een leerling alle modules van een vak heeft afgerond, kan hij examen gaan doen voor dit vak. Deze examens zijn geformuleerd door een externe partij. Een externe beoordelaar beoordeelt het gemaakte examen. Wanneer een leerling het examen heeft gehaald, heeft hij dit vak afgerond en hoeft dit vak niet meer gevolgd te worden. Als een leerling zakt voor een examen, zullen onderwerpen die onvoldoende waren moeten worden herhaald. Het is niet altijd noodzakelijk om het hele vak of hele modules over te doen. Als alle examens gehaald zijn, krijgt de leerling zijn diploma en gaat hij van school af.

4.5.2 Voorbereidingsfase

De voorbereidingsfase begint met de inschrijving van een leerling bij een school. Een leerling kan zich alleen inschrijven bij een school die lesgeeft op het niveau van de leerling. Er zal dus al een soort voorselectie op basis van een minimaal niveau hebben plaatsgevonden. Na de inschrijving bij een

school zal de leerling uitgenodigd worden voor een intake gesprek. Hierin geeft de leerling aan wat zijn ambitie is. Vervolgens zal de leerling gezamenlijk met een coach en zijn ouders lange termijn doelen en tussendoelen opstellen en bespreken. Om het startniveau van een leerling vast te stellen, zal de leerling toetsen moeten maken. Deze toetsen zullen worden nagekeken door leraren. De resultaten van de toetsen zullen input zijn bij het groeperen van leerlingen. Met informatie over gegroepeerde leerlingen, de beschikbaarheid van leraren en de verwachting van ruimte die per les nodig is, zal de floormanagement basisroosters opstellen.

In deze voorbereidingsfase wordt duidelijk dat er invloeden zijn vanuit externe partijen. Zo stelt het Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling (SLO) de modules vast. Maar ook de ouders van de leerlingen spelen een rol.

Het stroomdiagram van de voorbereidingsfase is te vinden in Bijlage A.6.

4.5.3 Week van een leerling

De flowchart die het proces dat een leerling in een week doorloopt is weergegeven in Bijlage A.7. In dit weekschema is het wekelijkse persoonlijke coachingsgesprek meegenomen. Aangezien dit gesprek niet voor elke leerling op dezelfde dag valt, zal een week in dit weekschema voor elke leerling verschillen. Dit betekent dat voor leerling één een week kan zijn van maandag tot vrijdag, waar een week voor leerling twee begint op woensdag en eindigt op dinsdag.

Zoals te zien is, doorloopt de leerling elke dag het dagschema. Als de leerling aan het eind is van zijn week, heeft hij een persoonlijk coachingsgesprek. Hierin wordt gereflecteerd op de afgelopen week en wordt er gezamenlijk een planning gemaakt voor de aankomende week. De kennis van de coach is in deze stap cruciaal. Het is bijvoorbeeld belangrijk dat de coach inzicht heeft in de volgorde van de modules per vak. Deze informatie kan de coach veelal uit het portaal halen. De reflectie en planning worden samengevoegd in het logboek van de leerling. De ouders van de leerling lezen dit logboek en geven in een gesprek met de leerling eventueel commentaar. Hierna start week twee en begint het weekproces opnieuw.

Bij het maken van een planning voor de aankomende week, wordt rekening gehouden met het aantal uur dat een leerling per vak besteedt in deze week. Het kan dus zijn dat een leerling de ene week meer wiskunde volgt dan geschiedenis. Voor de coach is het belangrijk erop te letten dat een leerling niet al zijn uren aan één vak besteedt. Er moet rekening gehouden worden met 'line of balancing' (Lockyer & Gordon, 1996). Dit houdt in dat er rekening gehouden moet worden met het aantal uur dat een andere activiteit nog nodig heeft. Wanneer een leerling elke week veel meer uren besteedt aan wiskunde en hierdoor geschiedenis wat links laat liggen, moet er rekening worden gehouden met het totaal aantal uur dat nog nodig is om geschiedenis af te ronden. Hier moet op worden ingespeeld bij het maken van de planning. Zo komt een leerling niet in tijdnood bij het laatstgenoemde vak.

4.5.4 Dag van een leerling

Een leerling start elke dag met een dagstart. Deze dagstart is samen met de basisgroep. Hierin wordt besproken of iedereen zijn taken weet. De mogelijkheid bestaat om dit individueel door te lopen. Naast het bespreken van de taken van de leerlingen, wordt ook gekeken naar veranderingen in het rooster. Als er bijvoorbeeld een les uitvalt, kan besproken worden hoe een leerling deze les compenseert. Bij deze dagstart zal dus de planning die een leerling gemaakt heeft input zijn. Ook de voortgang van leerlingen en de roosterwijzigingen zijn benodigde informatie. Als de leerling weet wat hij die dag moet gaan doen, is zijn dagplan klaar. In dit dagplan staat wat de leerling ieder uur gaat doen.

Aan het begin van de dag schrijft de leerling zich online in voor de lessen die hij wil gaan volgen. Hij kan zich alleen inschrijven als er voldoende plek is binnen deze les. Wanneer dit niet het geval is, zal de leerling bezig gaan met zelfstudie. Bij het inschrijven bestaat de mogelijkheid ook al vast in te schrijven voor lessen op andere dagen. Het is mogelijk om voor een les in te schrijven tot een minuut voor de les begint, mits er plek is.

Vervolgens wordt in het stroomdiagram per uur bekeken wat de leerling gaat/moet doen. De mogelijkheden binnen het weergegeven diagram bestaan uit het volgen van een instructie (volgens vast rooster of door flexibele groepsvorming, zie hoofdstuk 6), het maken van een summatieve toets, zelfstudie, of een combinatie van het voorgaande. Het dagplan van de leerling en het rooster geven aan waar de leerling naar toe moet. Wanneer een leerling zelfstudie heeft, kiest hij zelf welk vak hij tijdens dit uur gaat bestuderen. Via het portaal kan hij opdrachten bekijken en heeft hij toegang tot lesmaterialen. Tijdens de zelfstudie is een leraar aanwezig die de leerlingen kan begeleiden. Als een leerling klaar is met een module en toe is aan afsluiting hiervan, kan hij tijdens de zelfstudie naar zijn vakleraar gaan om een formatieve toets te maken. Wanneer een leerling klaar is met het maken van de toets gaat hij, indien de les nog niet is afgelopen, bezig met zelfstudie. Ditzelfde is ook het geval wanneer de leerling klaar is met het maken van een summatieve toets. Binnen het uur kunnen dus verschillende activiteiten plaats vinden. Dit is ook het geval bij een instructie. Aangezien een instructie niet een heel lesuur duurt, zal dit gecombineerd worden met bijvoorbeeld zelfstudie. Ook kan een leerling een combinatie-uur in het rooster hebben staan. Dit houdt in dat de helft van de klas begint met zelfstudie en vervolgens een instructie heeft, terwijl de andere helft van de klas de omgekeerde volgorde volgt. Om deze combinaties goed in beeld te brengen is een apart stroomdiagram opgesteld, zie 4.5.7. Als de les is afgelopen gaat de leerling of naar het volgende uur, heeft hij pauze, of kan hij naar huis omdat de schooldag is afgelopen. Voor zover nog werk overblijft na zelfstudie, maakt de leerling thuis huiswerk.

In dit stroomdiagram van een dag van een leerling (zie Bijlage A.8.) is gesteld dat formatieve toetsen afgenomen worden tijdens de zelfstudie. Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn om een speciaal toetsings-uur in te plannen waarin alle leerlingen bij hun leraren langs kunnen lopen om een formatieve toets te maken. Zo bestaan er nog meer mogelijkheden.

4.5.5 Dag van een leraar

Het stroomdiagram dat een lesdag van een leraar beschrijft (zie Bijlage A.9.) is te vergelijken met het zojuist beschreven diagram.

Leraren beginnen de dag met een korte bespreking. Hierin wordt besproken wat er die dag speelt, waarop gelet moet worden, en of en hoe colleges worden opgevangen (bijvoorbeeld in geval van ziekte van een collega). Vervolgens zullen leraren met hun eigen basisgroep de dag starten.

Ook in dit stroomdiagram wordt per uur gekeken wat een leraar gaat/moet doen. De mogelijkheden zijn: het geven van een instructie, het afnemen van een summatieve toets, of het begeleiden van zelfstudie. Wanneer een leraar geen van deze activiteiten hoeft te doen, heeft hij een tussenuur. In het stroomdiagram wordt ervan uitgegaan dat de leraar net als de leerling loopt naar de betreffende locatie, om het rooster zo flexibel mogelijk te houden. In een tussenuur zal de leraar lessen voorbereiden en/of summatieve toetsen beoordelen. De voortgang en prestaties van leerlingen wordt geüpdatet in het portaal. Tijdens de voorbereiding van lessen kan de leraar gebruik maken van een forum waar leraren bestanden delen. Op deze manier kunnen bijvoorbeeld presentaties van elkaar worden gebruikt, zodat niet elke leraar een aparte presentatie hoeft te maken voor dezelfde les. Wanneer een leraar begeleider is tijdens zelfstudie en een leerling aan het eind van een module is, neemt de leraar een formatieve toets af en beoordeelt deze. Als iedereen klaar is met het maken van een summatieve toets of als de instructie is afgerond en de les is nog niet afgelopen, dan kan de leraar zelfstudie gaan begeleiden of hij heeft een tussenuur.

Wanneer een lesuur is afgelopen, begint het volgende uur. Als het tijd is voor pauze zal de leraar of moeten surveilleren of hij kan zelf pauze houden. Aan het eind van de dag gaat de leraar naar huis en zal hij lessen voor de volgende dag voorbereiden en summatieve toetsen beoordelen, voor zover dit nog niet is gedaan.

4.5.6 Proces floormanager

Ook voor het proces van de floormanager is een flowchart opgesteld. Deze is te vinden in Bijlage A.10. De floormanager kan vergeleken worden met de huidige roostermaker.

De floormanager past elke dag het rooster aan, aan de praktijk van de dag. Vervolgens update hij het rooster in het portaal. Bij het maken van een rooster moet de floormanager dus rekening houden met verschillende aspecten. Het is belangrijk dat er genoeg beschikbare ruimtes zijn om zo de flexibiliteit te vergroten. De floormanager maakt onder andere beslissingen om een antwoord te vinden op de volgende vragen:

- Welke les wordt gegeven in welk lokaal?
- Welke leraar begeleidt zelfstudie?
- Welke leraar surveilleert tijdens de pauze?
- Welke leerlingen zitten bij elkaar in de flexibele batch?

Aan het eind van de week maakt de floormanager een rooster voor de aankomende week. Hierbij houdt hij rekening met de planningen van de leerlingen voor die week. Het rooster dat wordt gemaakt moet flexibel zijn, zodat deze aangepast kan worden aan waar de leerlingen op het moment aan toe zijn.

Roosters kunnen ook gemaakt worden gebaseerd op ervaringen van leraren en de floormanager. Er zal dan een soort voorspelling worden gemaakt van de hoeveelheid leerlingen die in de aankomende week aan welke module toe zijn. Hierop zal het rooster worden aangepast.

4.5.7 Combinatie-uur

Wanneer een leerling een instructie wil volgen of als meerdere activiteiten gepland staan binnen een lesuur, betekent dit dat dit een combinatie-uur is. Een leerling kan bijvoorbeeld de eerste helft van een lesuur een instructie hebben met de ene helft van de klas, terwijl het andere deel van de klas zelfstudie heeft. In de tweede helft van de les wisselen de activiteiten. Het stroomdiagram dat een combinatie-uur beschrijft is te vinden in Bijlage A.11.

4.6. Conclusie

Dit hoofdstuk is ingegaan op de visualisatie van het voortgezet onderwijs. Verschillende VSMs zijn weergegeven, zowel van het regulier voortgezet onderwijs als van gepersonaliseerd leren. Daarnaast zijn stroomdiagrammen besproken die het proces van gepersonaliseerd leren in meer detail beschrijven. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat de weergegeven diagrammen de (deel)processen slechts vanuit een enkel perspectief visualiseren. Dit betekent dat de stroomdiagrammen niet een perfecte oplossing in beeld brengen. De processen kunnen ook op een andere manier worden vormgegeven. In dit rapport zullen de weergegeven stroomdiagrammen als basis fungeren vanuit waar vervolgonderzoek mogelijk is.

Door de gemaakte VSMs is te zien welke verschillen er zijn tussen het reguliere voortgezet onderwijs en gepersonaliseerd leren. Het grootste verschil zit in de besturing. Om de leerling meer keuzevrijheid te geven staat de besturing niet vooraf vast. In de situatie van gepersonaliseerd leren is te zien dat leerlingen aan het roer van het proces staan. Wanneer een leerling iets nodig heeft, wordt hierop gereageerd. Door leerlingen op deze manier les te geven, zullen wachttijden kleiner worden en zal naar verwachting ook het aantal leerlingen dat van school af gaat verminderen.

Verder is in dit hoofdstuk duidelijk geworden dat het proces van gepersonaliseerd leren een organisatorisch complex proces is. Het proces bestaat uit verschillende deelprocessen. In al deze deelprocessen blijkt dat het portaal een belangrijk onderdeel is in gepersonaliseerd leren (zie ook hoofdstuk 3). Ook is de coach een cruciaal onderdeel. Het is belangrijk om als coach sturing aan een leerling los te laten om zo de leerling meer verantwoordelijkheid te geven over zijn eigen leerproces. Echter zal de coach wel constant in gesprek moeten gaan met de leerling, om zo wel het overzicht te behouden. Ook is de rol van de floormanager erg belangrijk. Door de vergrootte flexibiliteit zal het logistieke proces complexer worden (zie ook hoofdstuk 5). Er zijn verschillende variabelen die mee zullen spelen bij het maken van een rooster. Aangezien leerlingen tot op de dag zelf voor een les kunnen kiezen, zal het uiteindelijke rooster ook per dag verschillen. De ene dag kunnen immers meer leerlingen kiezen voor een bepaalde les dan een andere dag. Er zal dan bijvoorbeeld een groter lokaal nodig zijn (zie ook hoofdstuk 6).

Een volgende stap is nu om kritisch te kijken naar het gehele proces. Verspillingen zullen moeten worden geïdentificeerd en deze punten zullen vervolgens verbeterd moeten worden om het gehele proces een verder richting optimalisatie te brengen. Het proces van de floormanager zoals deze is beschreven in 4.5.6 is nog vrij onduidelijk. Een eerste stap zou daarom kunnen zijn om dit proces beter in beeld te brengen.

5. Procesontwerp gepersonaliseerd leren met behulp van simulatie

Jose Lopez Alvarez, Wim Kokx en Iris Vis

5.1 Introductie

Simulatiestudies kunnen worden gebruikt om de werkelijkheid in de computer na te bootsen en zo te analyseren wat de invloed van veranderingen op de prestaties van een systeem is. Simulatie wordt in vele gebieden toegepast. Binnen de logistiek zien we de toepassing veelal bij het ontwerp van nieuwe systemen, het toetsen van veranderingen aan bestaande systemen, voor analyses van processen en het testen van nieuw ontwikkelde besturingsregels. Om betrouwbare resultaten te krijgen is het noodzakelijk om de werkelijkheid zo goed mogelijk te vangen in een computermodel. Een beschrijving van de uitgangssituatie, gemaakte aannames, het verzamelen van data en het afleiden van een conceptueel model zijn om die reden in het algemeen belangrijke eerste onderzoeksstappen (zie paragraaf 5.2 en 5.3). Vervolgens wordt het conceptueel model geïmplementeerd (zie paragraaf 5.4). Na een fase van verificatie en validatie van het model en de gemaakte aannames, veelal met stakeholders uit de praktijk, kunnen experimenten worden gedraaid om inzichten te verkrijgen over de prestaties van het systeem in de toekomst en effecten van mogelijke alternatieve ontwerpen (zie paragraaf 5.5). Het grote voordeel van simulatiestudies is dat verschillende ontwerpen kunnen worden uitgetest en geanalyseerd zonder dat de werkelijkheid wordt beïnvloed. Dit laatste is zeker van belang voor systemen waarbij mogelijke beslissingen rechtstreeks invloed hebben op de mensen die onderdeel zijn van de processen, zoals in een onderwijssysteem. In dit hoofdstuk bespreken wij het 'basis simulatiemodel' zoals ontworpen voor een systeem van gepersonaliseerd leren en delen we eerste belangrijke conclusies en inzichten voor verder onderzoek.

5.2 Beschrijving basis simulatiemodel

Het gemodelleerde systeem kan als volgt worden beschreven: we bekijken een school met HAVO en VWO-leerlingen. De leerjaren 1-4 voor het VWO en 1-3 voor de HAVO zijn in het model opgenomen. Elke leerling volgt dezelfde tien vakken. Bij de 'Zo.Leer.lk!'-scholen zijn vakken een 'tredevak' (i.e., modulevak) of 'themavak'. Bij themavakken is sprake van een vaste tijd dat leerlingen hier aan werken, op een vast moment en met variatie in diepgang en werkvormen. Tredevakken zijn opgedeeld in modules die sequentieel worden doorlopen waarbij elke leerling zijn eigen tempo volgt. Om de uitkomsten van het organiseren van modulevakken zo scherp mogelijk in beeld te krijgen is in het model ervoor gekozen om alle vakken in modules aan te bieden. De effecten op de prestatiepunten (zoals wachttijden en doorlooptijden) zullen in de praktijk door het aanbieden van themavakken, ingeroosterde workshops etc. worden gedempt. De vakken zijn opgedeeld in respectievelijk 36 en 48 modules voor het niveau HAVO en VWO.

Per vak wordt voor een leerling bepaald op welk niveau hij het vak volgt. Voor elke module geldt een gelijk aantal uur voor het doorlopen van alle onderdelen. Na elk module vindt een test plaats. Modules moeten door leerlingen sequentieel worden doorlopen. Elk jaar starten 200 nieuwe leerlingen in leerjaar één. Een week is opgedeeld in vijf lesdagen van elk zeven uur. Voor elk cohort is een rooster gedefinieerd (zie ook hoofdstuk 6). De lessen vinden plaats in 38 lokalen met wisselende capaciteit. Voor elk vak zijn leraren met een tweede- en/of eerstegraads bevoegdheid beschikbaar. Leraren worden zodanig toegewezen aan groepen leerlingen dat hun bezettingsgraden binnen gestelde grenzen blijven. Een leerling krijgt een combinatie van zelfstudie en les. In het 'basis simulatiemodel' zijn geen eisen gesteld aan de verhoudingen van het aantal uur zelfstudie en les.

Bij de conceptualisatie is een aantal *aannames* gemaakt, namelijk:

- Voor een leerling ...
... varieert de leersnelheid en niveau per vak;

- ... die in cijfers en snelheid uitblinkt kan voor een vak van leerniveau worden gewisseld (van HAVO naar VWO en niet omgekeerd);
 - ... die een module moet herhalen gaat de leersnelheid tijdelijk omhoog;
 - ... geldt dat hij het schoolsysteem niet zal verlaten voordat alle modules van alle vakken zijn afgerond;
 - ... geldt dat hij aan het begin van de dag heeft aangegeven of hij aanwezig is;
 - ... geldt dat het resultaat van een gemaakte toets gelijk bekend is;
 - ... geldt dat hij zelfstudie doet als geen leraar/groep/lokaal beschikbaar is voor lesactiviteit.
- Voor een leraar ...
 - ... geldt dat zijn lessen in 4-5 HAVO en 5-6 VWO niet zijn gemodelleerd en niet zijn meegenomen in de werklust;
 - ... geldt dat hij de hele dag op school is en voorbereiding e.d. in lerarenkamer doet;
 - ... worden geen minimum tijdsduren voor voorbereiding ingepland;
 - ... met bevoegdheid twee geldt dat hij prioriteit krijgt bij toewijzing aan een lesactiviteit op dat niveau boven een leraar met eerstegraads bevoegdheid;
 - ... geldt dat hij aan het begin van de dag heeft aangegeven of hij aanwezig is.

Daarnaast nemen we aan dat er geen externe verstoringen in het rooster zijn. Voor lokalen geldt dat er een maximum capaciteit is. In principe kan elke les en zelfstudie in elk vak in elk lokaal plaatsvinden.

In het 'basis simulatiemodel' zoals hier beschreven nemen we de volgende aspecten in een systeem van gepersonaliseerd leren mee in de vorm van simpele *beslissingsregels*:

Flexibele groepsvorming

Voor elke leerling is bekend in welke module voor elk vak hij op dat moment is. Op basis van deze informatie kunnen groepen worden samengesteld. Door middel van een simpele beslissingsregel kunnen modules worden gesorteerd in de volgorde van het totaal aantal leerlingen dat bezig is met deze module. Gedurende de helft van de week geven we prioriteit aan de modules met het grootste aantal leerlingen en gedurende de andere helft van de week aan die modules met de kleinste aantallen leerlingen. Hoofdstuk 6 beschrijft een uitgebreidere beslissingsregel die kan worden toegepast. In het model nemen we een minimale groeps grootte mee die moet worden behaald voordat les wordt gegeven.

Flexibele roostering

In het model wordt gebruik gemaakt van een vast rooster voor elk cohort. Op elk lesuur kunnen drie verschillende vakken worden gevolgd met vastgestelde voorkeursvolgorde (zie ook paragraaf 6.3). Dit rooster wordt voor een jaar vastgesteld. Flexibiliteit vindt plaats door op dagbasis te bepalen welke module wordt aangeboden voor welk vak, aan wie en door welke leraar.

Flexibele toewijzing leraren

Toewijzing van leraren aan groepen vindt plaats op basis van de bevoegdheid en het vak zodanig dat de gemiddelde totale tijd voor lesgeven en zelfstudie onder een vooraf meegegeven bovengrens blijft (zie ook paragraaf 5.3).

Flexibele toewijzing werkmethode

Als een leerling niet kan worden toegewezen aan een les omdat of de groep leerlingen te klein is, en/of geen leraar beschikbaar is, en/of geen lokaal, dan zal hij zelfstudie uitvoeren in het vak zoals aangegeven in het rooster.

Flexibele toewijzing lokalen

Als eerste wordt gezocht naar een lokaal in de specifieke ruimte van de school die aan dat vak is toegewezen (i.e., domeinruimte). Als dat niet lukt, wordt gezocht naar een lokaal in een ander deel van de school. Als er geen lokaal beschikbaar is, wordt lesgegeven in de domeinruimte zelf. Zelfstudie vindt plaats in de domeinruimte behorende bij het geselecteerde vak.

In het 'basis simulatiemodel' meten we van een aantal *prestatie-maten* de waarden, namelijk:

- Leerling
 - gemiddelde tijd per module per vak;
 - aantal uur per werkmethode;
 - duur opleiding;
 - wachttijd voor een module.
- Leraar
 - aantal uur lesgeven (NB: voor eerstegraads zonder lessen 4-5 HAVO en 5-6 VWO);
 - aantal uur supervisie zelfstudie;
 - aantal uur voorbereiding/nakijken.
- Lokalen
 - bezettingsgraden.

5.3 Input data

Op basis van de data van een school uit het 'Zo.Leer.Ik!'-netwerk zijn de waarden van input data vastgesteld voor het baseline experiment (zie Tabel 5-1). Een uitgebreide set van experimenten is uitgevoerd met wisselende waarden (zie ook paragraaf 6.4). Meer experimenten, ook met andere prestatie-maten, zullen de komende tijd worden uitgevoerd en beschreven in een vervolgrapportage.

Parameter	Waarde
% HAVO-leerlingen in een vak	75%
% VWO-leerlingen in een vak	25%
Aantal modules HAVO per vak	36
Aantal modules VWO per vak	48
Benodigd aantal effectieve uren om module af te ronden	20 uur
Bijdrage van les aan voortgang module t.o.v. zelfstudie	1 uur les = 1/2 uur zelfstudie
Leersnelheid voor elk vak	5 waarden met kans
Aantal nieuwe leerlingen per jaar (i.e., cohortgrootte)	200
Kans dat een leerling aanwezig is op een dag	95%
Kans dat een leraar aanwezig is op een dag	95%
Kans dat een leerling test haalt	95%
Minimaal benodigde groepsgrootte voor een les	5
Minimaal aantal leerlingen om leraar bij zelfstudie te hebben	5
Aantal lokalen (met wisselende capaciteit)	38

Tabel 5-1: Overzicht parameters simulatiemodel en hun waarden in baseline experiment

In Tabel 5-2 staan de vakken met aantal beschikbare leraren met eerste- en tweedegraadsbevoegdheid zoals opgenomen in het 'basis simulatiemodel'.

Vak	Aantal leraren bevoegdheid 1	Aantal leraren bevoegdheid 2
Nederlands	1	6
Engels	2	4
Frans	1	3
Wiskunde	3	4
Economie	0	3
IT	0	2
Biologie	2	2
Muziek	0	3
Geschiedenis	1	4
Aardrijkskunde	1	4
<i>Totaal</i>	11	35

Tabel 5-2: Overzicht vakken en aantallen leraren per bevoegdheid per vak

5.4 Modelling

We kunnen bovenstaande informatie samenvatten in een conceptueel model dat de basis heeft gevormd voor implementatie van het 'basis simulatiemodel' in Arena Rockwell Software. Bijlagen B.1 – B.3 geven een aantal belangrijke bouwstenen van het conceptueel model weer, te weten 'de dag van een leerling', 'de dag van een leraar', en 'het flexibele rooster'. Meerdere verificatiesessies hebben plaatsgevonden met betrokkenen uit het veld.

5.5 Verkregen inzichten

Een grote hoeveelheid experimenten is uitgevoerd. Een deel van de specifieke resultaten van deze experimenten is beschreven in paragraaf 6.4. In dit hoofdstuk beperken we ons tot het benoemen van inzichten die zijn verkregen tijdens de conceptualisatiefase en op basis van de resultaten van de experimenten. Deze inzichten zijn belangrijke bouwstenen voor verder onderzoek. Daarnaast geven ze een duidelijke richting aan over welke aspecten goed moet worden nagedacht tijdens de ontwerpfase van een gepersonaliseerd leersysteem, gegeven de relatie met de prestatie van het systeem.

Inzicht 1: Vakken

Uit de resultaten blijkt dat de structuur van vakken grote invloed heeft op de voortgang van leerlingen en bezettingsgraden van leraren. Dit kan als volgt worden verklaard: op basis van verkregen informatie is in de conceptualisatie fase aangenomen dat de structuur voor alle vakken vergelijkbaar is. Dit komt tot uitdrukking in een 1) gelijk aantal modules, 2) dezelfde wijze van sequentieel doorlopen van modules, 3) gelijk aantal benodigde uren om een module af te ronden, en 4) vergelijkbaar totaal aantal lesuren in het rooster. Bij het rooster nemen we aan dat vakken die in het klassieke systeem meer uren in de lessentabel hadden, meer prioriteit krijgen. Als laatste zijn we ervan uitgegaan dat het aantal leraren met een overgang van een klassiek naar een gepersonaliseerd systeem niet is veranderd (zie Tabel 5-1).

De simulatieresultaten tonen dat leraren van vakken met in verhouding een kleiner aantal leraren, een gemiddeld hogere bezettingsgraad kennen. Daardoor kan dit aanleiding geven om als gevolg van het ontwerp van vakken de oplossing te zoeken om meer leraren op die vakken in te zetten dan in het klassieke systeem noodzakelijk. De vraag die daarbij kan worden gesteld is of het wenselijk is om dat om deze reden te doen. In plaats van de oplossing om meer leraren beschikbaar te krijgen voor

een aantal vakken, kan ook worden gekozen om in het model de 'kleine vakken' een kortere tijd per module toe te kennen, dit ook conform de oude lessentabel.

Daarnaast maken leerlingen gemiddeld meer vooruitgang voor vakken die in het klassieke systeem meer uren hadden. De vakken met lagere prioriteit in het rooster van gepersonaliseerd leren en waarvoor dus zoals genoemd ook minder leraren beschikbaar zijn, worden in een significant lager tempo afgelegd. Bij de gemodelleerde vakstructuur is het om die reden van belang om opnieuw naar het rooster te kijken en te zien in hoe verre de relatie met klassieke roostering nog moet worden gemaakt.

Inzicht 2: Het rooster

Op basis van de resultaten van de experimenten concluderen wij dat het rooster een duidelijk effect heeft op de prestaties van het systeem van gepersonaliseerd leren. Belangrijke vragen in de ontwerpfase van gepersonaliseerd leren kunnen als volgt worden samengevat:

- Wat is rol van het rooster in gepersonaliseerd leren?
- Is er nog een rooster nodig (zie ook inzicht 3)?
- In welke vorm wordt het rooster opgesteld?
- Hoeveel keuzevrijheid wordt geboden (mate van pull)?

In het geval wordt gekozen voor een rooster, dan zien we uit de resultaten dat een aantal zaken in het ontwerp van het rooster een belangrijke rol speelt. In het klassieke systeem was er sprake van een situatie waarin elke klas binnen een bepaald cohort een eigen rooster had. Als we deze systematiek doortrekken in een systeem van gepersonaliseerd leren dan krijgen we een betere verdeling van leraren over de verschillende klassen. Echter, groepering van leerlingen over klassen heen is niet mogelijk, waardoor gemiddeld minder leerlingen aan dezelfde module werken en kunnen worden gegroepeerd. Een mogelijk alternatief is om alle leerlingen van één cohort hetzelfde rooster aan te bieden. De samenstelling van het rooster is dan een groot aandachtspunt om te zorgen dat er geen problemen ontstaan in beschikbaarheid van leraren en alle leerlingen aan bod kunnen komen om lessen in een bepaald vak te krijgen. Groeperingen van leerlingen kan makkelijker plaatsvinden op basis van voortgang in modules in deze situatie zonder vaste klassen. Een volgende stap kan nog zijn om te kijken naar het maken van combinaties van snelle leerlingen uit cohort $n-1$ en langzame leerlingen uit cohort n in een groep. Voor die situatie zal een rooster per cohort geen oplossing bieden. Het ontwerpen van nieuwe roostertechnieken is noodzakelijk om de benodigde flexibiliteit in het systeem te kunnen bieden. Vervolgens is het mogelijk om met simulatie te bestuderen wat het verschil in prestatie is van een systeem zonder rooster en met een rooster.

Inzicht 3: Besturing

Een belangrijke vraag in het ontwerptraject van gepersonaliseerd leren is de besturing van de processen. Of te wel, wie zit er aan het stuur? Is dit de leerling of is dit de leraar? In een ideaal pull systeem zal de leerling aan het stuur zitten. Namelijk in een 'leerling gedreven' systeem gaat een leerling namens een groep van leerlingen op zoek naar een beschikbare leraar in de lerarenkamer. De leraar zal met de leerlingen mee gaan naar een beschikbaar lokaal om daar les te geven. In een 'leraar gedreven' systeem geeft een leraar zijn beschikbaarheid aan en gaat op zoek naar een groep leerlingen volgens een bepaalde besturingsregel om les aan te geven. In beide systemen is beschikbaarheid van informatie over (de voortgang) van leerlingen en eigenschappen van leraren van groot belang. Beide varianten kunnen met en zonder rooster worden ontworpen (zie ook inzicht 2).

Inzicht 4: Maken van groepen leerlingen

Voor specifieke resultaten van de nieuwe besturingsregel voor het flexibel vormen van groepen verwijzen we naar hoofdstuk 6. In de huidige variant van de regel gaat de flexibiliteit van groepen vormen zo ver dat binnen een module elke les in een andere groep van leerlingen kan worden

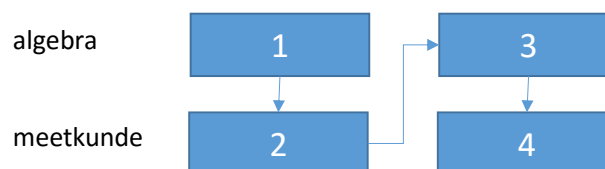
gevolgd. Een alternatief zou kunnen zijn om leerlingen die als groep aan een module beginnen gedurende de hele module als een groep te beschouwen. In vervolgonderzoek zal deze variant worden getest om te zien wat het effect is op de prestatie van het systeem.

Daarnaast komen we op basis van de resultaten van de experimenten tot een aantal overstijgende aandachtspunten dat in vervolgonderzoek zal worden meegenomen.

Op basis van de resultaten constateren we dat het belangrijk kan zijn om het principe van *voortuitkijken* mee te nemen in een besturingsregel om groepen samen te stellen. Op deze manier kan de afweging worden gemaakt of het interessant is om een kleine groep leerlingen nog even te laten wachten op een les omdat binnen korte tijd erna aan een grotere groep leerlingen les kan worden gegeven. Hierdoor zal naar verwachting de gemiddelde totale wachttijd van leerlingen afnemen. Het meenemen van *randvoorwaarden* is een andere mogelijke uitbreiding. In de huidige besturingsregel worden bijvoorbeeld nog geen eisen gesteld aan het aantal uren les dat iemand minimaal binnen een module zou moeten krijgen. Een stap verder is om te kijken naar een *dynamische* variant van een groepeeringsregel waar een relatie wordt gelegd met eerdere beslissingen en deze gevolgen te laten hebben voor toekomstige beslissingen. Zo zou bijvoorbeeld kunnen worden meegenomen dat een leerling die al enige tijd geen lessen heeft gevolgd, voorrang krijgt bij toewijzing. Een mogelijke manier van modelleren is om een penalty/incentive systematiek in te bouwen waarbij het krijgen van les wordt beloond ten opzichte van zelfstudie.

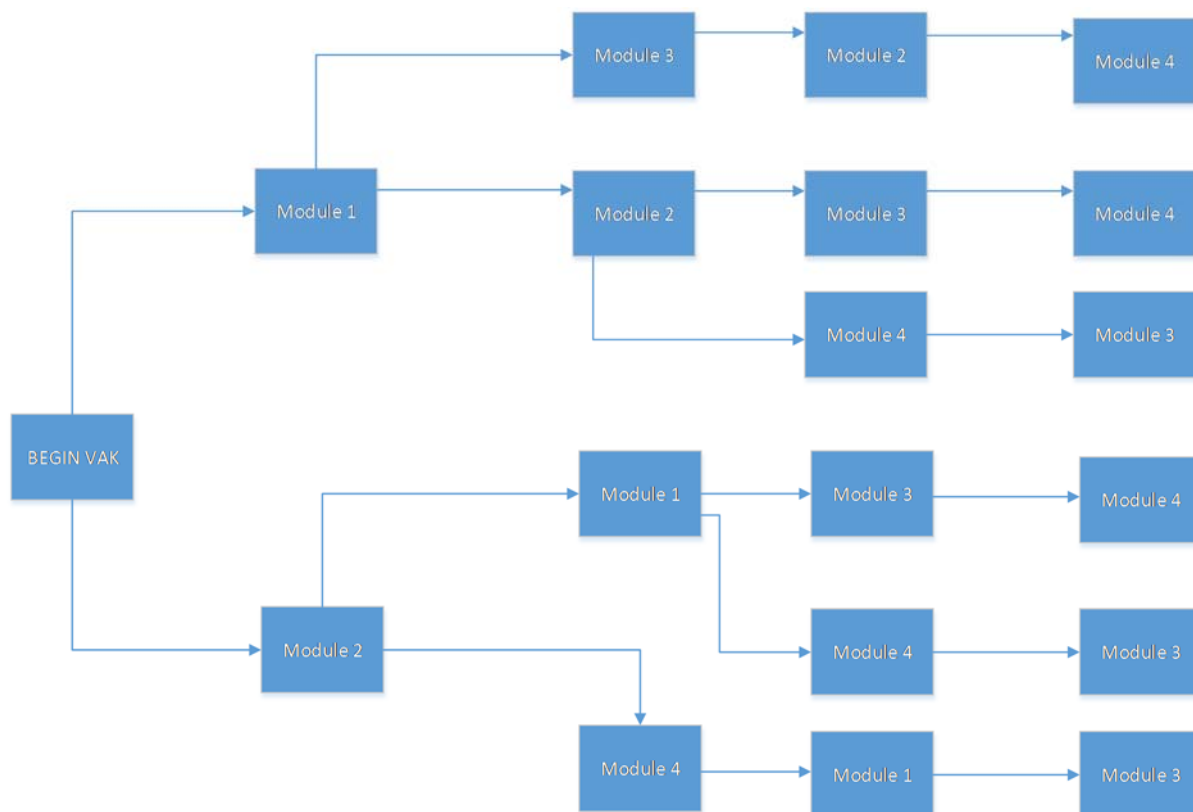
Inzicht 5: Volgorde modules

In de huidige conceptualisatie hebben we de aanname gemaakt dat modules strikt sequentieel worden doorlopen door leerlingen. Specifiek bij het groeperen van leerlingen speelt dit een rol. Leerlingen worden gegroepeerd voor een les op basis van de huidige module. Een belangrijke vraag die in het ontwerp een rol speelt is: wanneer mag een leerling voor een bepaald vak aan welke module beginnen (of in andere woorden welke modules moet een leerling dan al hebben afgerond)? Het beantwoorden van deze vraag zal per vak een beslisboom opleveren die aangeeft welke takken een leerling vanaf een bepaald punt in het curriculum kan gaan doorlopen. Zie voor een mogelijk voorbeeld hiervan een uitwerking van de eerste vier modules van het vak wiskunde. In Figuur 5-1 zien we een opdeling van het vak wiskunde in twee leerlijnen, te weten algebra en meetkunde. Elke leerlijn heeft twee modules. Voor variatie in het leerproces kan worden gekozen om de modules na elkaar aan te bieden. Bij het sequentieel doorlopen is de volgorde voor de leerling in dit voorbeeld {1,2,3,4}. Als we naar een enkele leerlijn kijken kan het voor de leerling ook mogelijk zijn om {1,3,2,4} als pad te kiezen. Als gevolg hiervan zijn er meerdere mogelijkheden om door deze vier modules te lopen. Voor iedere leerling kunnen we deze combinaties als volgt weergeven in een beslisboom (zie Figuur 5-2)



Figuur 5-1: Voorbeeld twee leerlijnen met bijbehorende vier modules in vak wiskunde

Het hebben van meer modules zal uiteraard zorgen voor complexere beslisbomen met meer takken en als gevolg daarvan meer mogelijke combinaties die resulteren in meer verschillende leerpaden. Tegelijkertijd zal meer variatie voor een leerling bij het doorlopen van modules van een vak op een hoger niveau tot meer mogelijke combinaties voor het vormen van groepen van leerlingen kunnen leiden. Door de door inhoudelijk experts ontworpen beslisbomen voor elk vak te modelleren, kunnen we met simulatie analyseren of flexibiliteit in de volgorde van modules daadwerkelijk tot het efficiënter vormen van groepen leerlingen en een betere prestatie van het systeem zal leiden.



Figuur 5-2: Voorbeeld beslisboom voor twee leerlijnen met bijbehorende vier modules in vak wiskunde

Inzicht 6: Cohortgrootte

De resultaten van het 'basis simulatiemodel' laten duidelijk zien dat de cohortgrootte effect heeft op de resultaten. In dit geval vergelijken we hiervoor de uitkomsten voor HAVO- en VWO-leerlingen. We zien dat er meer flexibiliteit en opties zijn voor groepsvorming als er meer leerlingen zijn. Onze verwachting is dat de cohortgrootte een relatie heeft met de mogelijkheden voor een beslissingsregel die vooruitkijkt bij het maken van groepen (zie inzicht 4). Ten tweede zien we een relatie met wachttijden, die een ander verloop kennen afhankelijk van de cohortgrootte. Verder onderzoek naar de relatie tussen de effectieve groeps groottes, cohortgrootte en wachttijden is noodzakelijk om hiervoor specifieke generieke inzichten af te leiden die schoolmanagement bijvoorbeeld kunnen helpen bij het bepalen van minimale groeps groottes voor het geven van les.

Inzicht 7: Prestatiematen

In de huidige experimenten is naar een beperkt aantal prestatie maten gekeken. Om specifiekere uitspraken op leerlingniveau en de hierboven genoemde inzichten verder te ontwikkelen is een set van aanvullende prestatie maten nodig. In de volgende stap in het onderzoek zullen de volgende prestatie maten worden meegenomen:

- Hoeveel uur les heeft een leerling gemiddeld gehad per vak?
- Hoeveel uur zelfstudie onder begeleiding heeft leerling gemiddeld gehad per vak?
- Hoe vaak heeft een leerling geen les gehad in een module binnen een vak (dus alleen zelfstudie)?
- Hoeveel uur les heeft een leerling gemiddeld gehad in elk leerjaar (zien we verschillen als er meer differentiatie komt)?
- Is er verschil tussen HAVO en VWO (link cohortgrootte)?
- Hoe vaak was een leraar beschikbaar maar gaf hij/zij geen les?
- In gevallen dat een leerling geen les krijgt, waar komt dan beslissing door. Was de groep niet groot genoeg, en/of was er geen leraar en/of was er geen lokaal?

5.6 Conclusies en verder onderzoek

Het 'basis simulatiemodel' is gebruikt voor het valideren van de nieuw ontwikkelde beslissingsregel voor het vormen van groepen (zie hoofdstuk 6) en het afleiden van inzichten (zie paragraaf 5.5) die de basis vormen voor het definiëren van vervolg onderzoeksstappen. Daarnaast geven de verkregen inzichten verschillende aspecten aan waar ontwerpers van gepersonaliseerd leersystemen rekening mee kunnen houden in hun ontwerp. Vervolg discussies tussen onderzoekers en betrokkenen uit het veld, kunnen helpen om de conceptualisatie van de simulatiemodellen nog een verdiepingsslag te geven.

We constateren dat verder onderzoek nodig is in het ontwikkelen van nieuwe besturingsregels voor bijvoorbeeld groeperen van leerlingen, besturing van het systeem en flexibel roosteren. Hierin kunnen ook aandachtspunten zoals geformuleerd in andere hoofdstukken van deze rapportage worden meegenomen.

Daarnaast is verder onderzoek noodzakelijk om de uitkomsten uit de simulatiemodellen te vertalen naar school-specifieke inzichten. Hiervoor zien wij de volgende stappen: 1) implementatie van nieuwe besturingsregels in het simulatiemodel, 2) runnen van experimenten met generieke data, 3) analyse van resultaten op verbanden, factoren etc., 4) mathematisch formuleren van gevonden relaties en die samenbrengen in een tool, en 5) validatie tool zodat deze bruikbaar is voor een individuele school. Een belangrijke vraag bij het ontwerpen van de tool is het definiëren van de beslissingsvariabelen die een rol spelen voor een school bij het ontwerp van een gepersonaliseerd leersysteem.

6. Het ontwerpen van een nieuwe tool om groepen flexibel samen te stellen in gepersonaliseerd leren

Jelle Hahn

6.1 *Introductie*

Het huidige onderwijssysteem in Nederland kan vergeleken worden met productiebedrijven die groepsgewijs produceren. Dit wordt batching genoemd (denk bijvoorbeeld aan oven-productie). Deze productiebedrijven hebben in de loop der jaren veel geleerd van 'lean management'. Dit is een filosofie die zich met name richt op het elimineren van verspillingen binnen de processen van een bedrijf. Veel van deze bedrijven hebben door de toepassing van deze filosofie hun doorlooptijden en wachttijden kunnen verminderen en tegelijkertijd de kwaliteit en productiviteit kunnen verbeteren. Dit zijn prestatiepunten die ook in het onderwijs belangrijk zijn. Een van de onderdelen van 'lean management' die hierbij heeft geholpen, is flexibel batchen. Met flexibel batchen kunnen bijvoorbeeld groepen samengesteld worden van verschillende groottes of samenstellingen. De kennis uit deze sectoren is daarom geraadpleegd en gebruikt om in deze studie een nieuwe tool te ontwerpen, zodat er in een gepersonaliseerd onderwijssysteem op een flexibele manier groepen samengesteld kunnen worden. De gebruikte onderzoeksmethoden zijn een literatuuronderzoek, observaties, expert-sessies en validatie met behulp van simulatie. Voor deze laatste stap is het model zoals beschreven in hoofdstuk 5 gebruikt.

Voor een volledig uitwerking van de inhoud van dit onderzoek verwijzen we naar Hahn (2016).

6.2 *Onderzoeksstappen*

Het onderzoek is in drie stappen uitgevoerd. Eerst is een uitgebreid literatuuronderzoek uitgevoerd. Daarna zijn er observaties en expert-sessies gepland met mensen en/of scholen uit het onderwijs in Nederland. Tot slot zijn deze inzichten verwerkt in een nieuwe tool en is deze tool gevalideerd door middel van een simulatiestudie.

Literatuuronderzoek

Door middel van het bestuderen van bestaande batching literatuur in verschillende sectoren is een lijst opgesteld van de belangrijkste en meest relevante manieren van batchen. Deze manieren van batchen zijn met elkaar vergeleken aan de hand van verschillende parameters. Voorbeelden van deze parameters zijn 'batchgrootte', 'batchsamenstelling', 'aantal producten' en 'aantal machines'.

Observaties en expert-sessies

Daarna zijn er observaties gedaan bij meerdere scholen die al aandacht besteden aan gepersonaliseerd leren. Bij deze observaties is gelet op wat belangrijke factoren zijn die het flexibel samenstellen van groepen in het huidige onderwijssysteem en een gepersonaliseerd onderwijssysteem zouden kunnen compliceren. Deze factoren zijn verder ook nog besproken tijdens expert-sessies met meerdere deskundigen uit de onderwijssector. Als uitkomst van deze observaties en expert-sessies is een tabel samengesteld met de belangrijkste factoren waar rekening mee gehouden moet worden. Dit is op zo'n manier gedaan dat de tabel in principe over de tabel van het literatuuronderzoek gelegd kon worden. Op die manier was het mogelijk om de beide tabellen en uitkomsten met elkaar te vergelijken.

Ontwikkeling tool en simulatiestudie

Met de vergelijking van bovenstaande uitkomsten is een selectie gemaakt van drie manieren om flexibel te batchen. Hierna bleven drie artikelen met manieren om flexibel te batchen over die als inspiratie dienden voor het ontwikkelen van een nieuwe tool om groepen samen te stellen binnen een gepersonaliseerd onderwijssysteem. Het ontwikkelen van de tool is eerst gedaan door middel van stroomschema's (welke in paragraaf 6.3 te zien zijn). Deze stroomschema's zijn meerdere keren

beoordeeld door experts uit de productie- en onderwijssector. Aan de hand van de feedback die werd gegeven, is de tool om flexibel groepen samen te stellen meerdere keren aangepast en verbeterd. De uiteindelijke versie is geïmplementeerd in een simulatiemodel (zie hoofdstuk 5), zodat hier mee geëxperimenteerd kon worden. Er zijn vervolgens meerdere experimenten gedefinieerd om de tool te kunnen valideren en om aan de 'knoppen' te draaien. De eerste reeks experimenten had als doel om de nieuwe tool te vergelijken met de simpele beslissingsregel die ingebouwd zat in het simulatiemodel (zie paragraaf 5.2). De tweede reeks experimenten diende om, door middel van het veranderen van de waarden van verschillende parameters (zie paragraaf 5.3), te testen wat de invloed hiervan was op verschillende prestatie-maten. Deze prestatie-maten worden in paragraaf 6.3. verder uitgelegd.

6.3 Beslissingsregel voor flexibel batchen

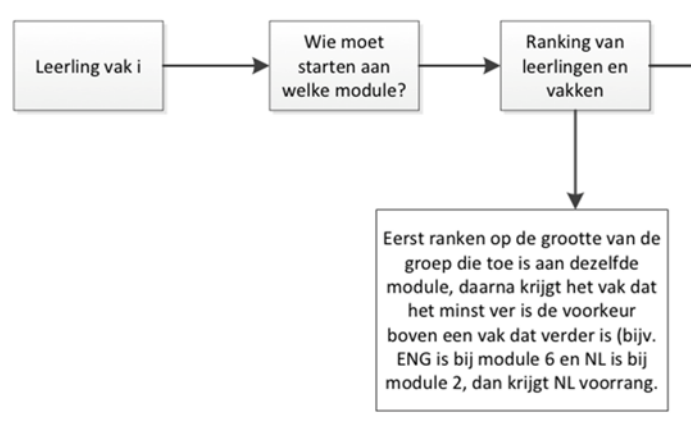
In deze paragraaf zal de nieuwe tool toegelicht worden door middel van een stroomschema. In dit stroomschema is te zien welke beslissingen in de tool gemaakt worden tijdens het samenstellen van groepen. In Bijlage C.1. is een overzicht zichtbaar van het totale stroomschema waar de beslissingen van de nieuwe tool in weergegeven worden. We zullen per stap verder inzoomen op wat voor beslissingen precies genomen worden. De tool richt zich op het flexibel batchen van groepen door gebruik te maken van flexibele groepsgroottes en flexibele groepssamenstellingen. Voor deze twee soorten van flexibiliteit is gekozen, omdat dit veel gebruikt werd in de bestaande batching literatuur binnen andere sectoren. Een flexibele groepsgrootte maakt het mogelijk om elke keer klassen samen te stellen die verschillen qua grootte. Dit zal nodig zijn in een gepersonaliseerd onderwijssysteem, omdat de leerlingen de mogelijkheid krijgen om sneller of langzamer te werken aan bepaalde vakken. Verder maakt een flexibele groepssamenstelling het mogelijk om leerlingen met verschillende leersnelheden en eigenschappen samen te voegen. De prestatie-maten die gebruikt zijn bij het ontwerp van de tool en de validatie door middel van simulatie zijn weergegeven in Tabel 6-1. Deze maten zijn gebaseerd op de uitkomsten van de expert-sessies en de observaties op meerdere scholen.

Onderwerp	Prestatiematen
Leerlingen	<ul style="list-style-type: none"> • Cyclustijd per module per vak • Duur opleiding • Wachtijd voor module per vak
Leraren	<ul style="list-style-type: none"> • Aantal uur lesgeven (NB: voor eerste graads zonder lessen 4-5 HAVO en 5-6 VWO) • Aantal uur begeleiden zelfstudie • Aantal uur voorbereiding/lerarenkamer • Bezettingsgraden zelfstudie/voorbereiding/les geven
Klaslokalen	<ul style="list-style-type: none"> • Bezettingsgraden zelfstudie/les geven/leegstand

Tabel 6-1: Prestatiematen per onderwerp

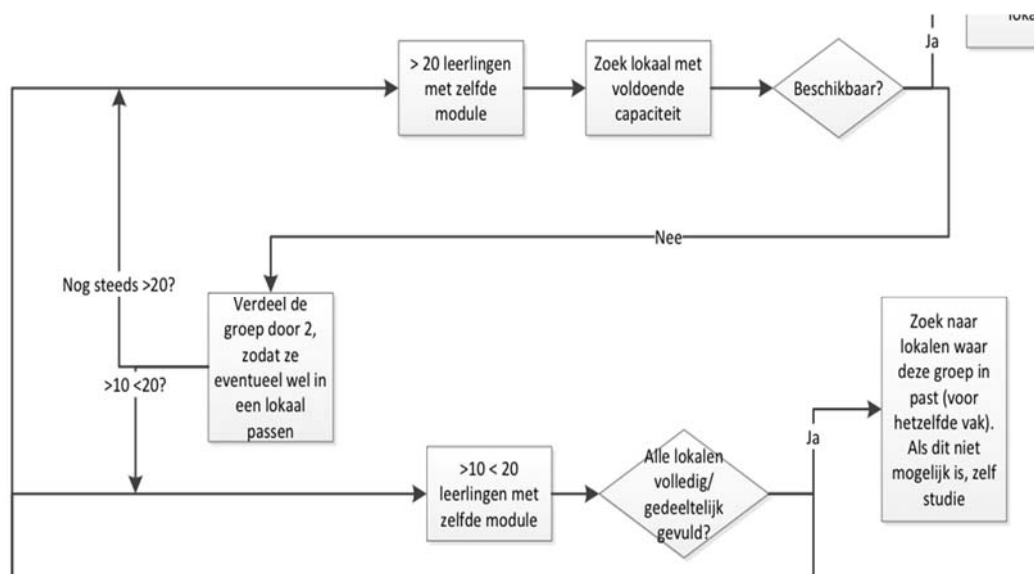
Zoals te zien is zijn er verschillende prestatie-maten voor zowel de leerlingen, de leraren en de klaslokalen. Bij de leerlingen wordt er gekeken naar de gemiddelde tijd per module per vak, de duur van de totale opleiding en de wachttijd voor een module per vak. De cyclustijd per module per vak is het effectief aantal uren dat een leerling nodig heeft om een module van een bepaald vak af te ronden plus de tijd die hij moet wachten. De wachttijd voor een module per vak is de tijd die een leerling moet wachten voordat hij kan beginnen met een nieuwe module en dit wordt berekend vanaf het moment dat een leerling een module heeft voltooid, totdat hij een les volgt voor een nieuwe module. Hier worden dus geen leerlingen in meegenomen die in een module alleen zelfstudie volgen. Verder worden bij de leraren en klaslokalen het aantal uur les, zelfstudie en voorbereiding/leegstand gebruikt. Hiermee worden de bezettingsgraden berekend en worden deze gebruikt in de analyses.

Het stroomschema in Bijlage C.1 begint met een leerling die bezig is met een bepaald vak. Voor elke leerling wordt dan gekeken aan welke module hij toe is voor dit vak. Daar wordt een ranking van gemaakt en deze ranking houdt rekening met het feit dat het vak dat qua vordering het minst ver is, voorkeur krijgt tijdens de flexibele uren van het rooster boven een vak dat qua vordering verder is. Een voorbeeld is dat een leerling voor het vak Engels toe is aan module zes en voor het vak Nederlands aan module twee. In dit geval krijgt het vak Nederlands voorrang boven het vak Engels. Dit onderdeel van het stroomschema is te zien in Figuur 6-1.



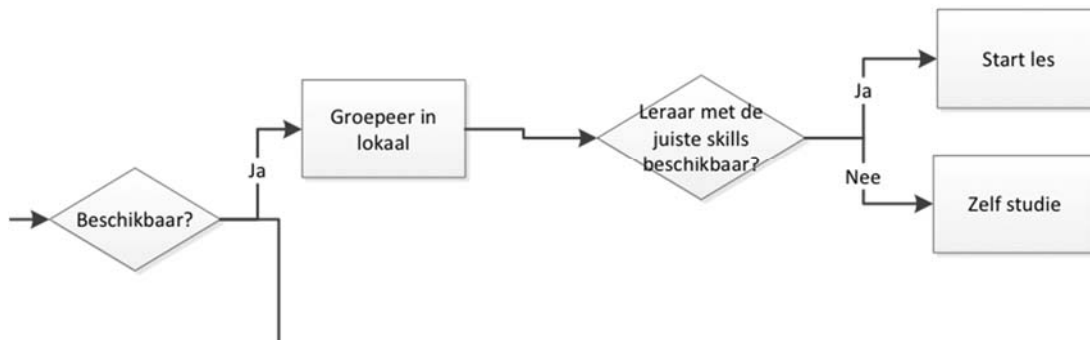
Figuur 6-1: Eerste deel stroomschema

Daarna zoekt de tool naar de modules waar meer dan 20 leerlingen aan toe zijn en zoekt per module (en dus per groep leerlingen) naar een lokaal met voldoende capaciteit. Dit is weergegeven in Figuur 6-2. Als er een geschikt lokaal beschikbaar is, gaat de groep door naar de volgende stap (te zien in Figuur 6-2), maar als er geen geschikt lokaal beschikbaar is, wordt de groep in tweeën gesplitst. Wanneer deze groep nog steeds groter is dan 20 leerlingen, gaat de groep weer naar de bovenste beslissing en wordt weer gezocht naar een geschikt lokaal. Als de groep tussen de 10 en 20 leerlingen is, gaat de groep verder naar de volgende stap. Als dan met de groep van meer dan 20 leerlingen wel een lokaal met voldoende capaciteit wordt gevonden, wordt deze groep daarin geplaatst en dan wordt gezocht naar een leraar met de juiste bevoegdheid. Wanneer deze leraar beschikbaar is, wordt hij/zij aan de groep gekoppeld en kan de les beginnen.



Figuur 6-2: Tweede deel stroomschema

In het geval dat er geen juiste leraar beschikbaar is, gaat deze groep volgens het stroomschema in Figuur 6-3 zelfstudie doen. Voordat deze beslissing wordt genomen, wordt eerst nog gekeken naar het rooster dat is opgenomen in het simulatiemodel.



Figuur 6-3: Derde deel stroomschema

In het simulatiemodel gebruiken we een rooster dat gebaseerd is op het schoolrooster van een van de 'Zo.Leer.lk!'-scholen. Een voorbeeld van dit rooster is te zien in Figuur 6-4. Dit rooster dient alleen maar als hulpmiddel en het is mogelijk om de ontworpen tool te gebruiken met verschillende soorten roosters. Dit is zo toegepast omdat elke school gebruik maakt van eigen roostertechnieken en deze roosters dus per school kunnen verschillen.

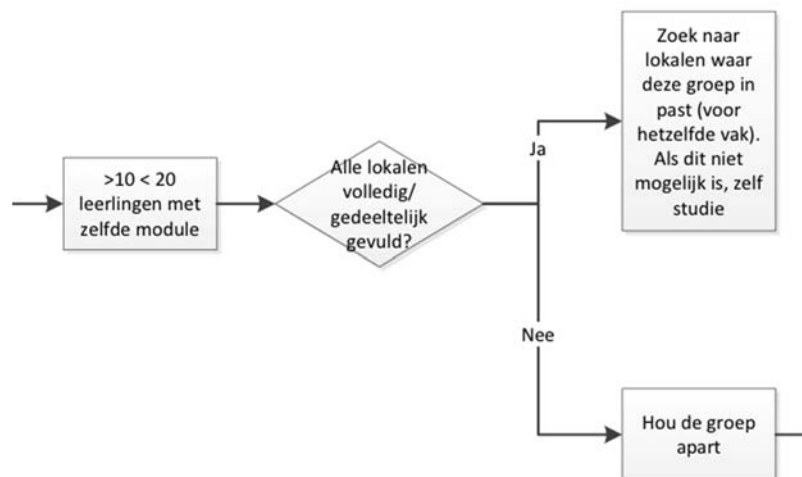
In het rooster in Figuur 6-4 is te zien dat grijze en witte blokken zijn gebruikt die per cohort verschillen. De grijze blokken zijn de vaste uren in het rooster die elk uur de eerste keus zijn en de witte blokken zijn de uren die eventueel aangeboden worden mits voor het grijze, vaste uur geen leraar beschikbaar is. Dit is zo ontworpen om te voorkomen dat grote groepen leerlingen zelfstudie moeten doen voor een bepaald vak, terwijl nog wel leraren van andere vakken beschikbaar zijn om les te geven. Als er namelijk bijvoorbeeld 200 eerstejaars leerlingen het eerste uur Nederlands moeten volgen en er zijn maar 6 leraren beschikbaar, dan is het mogelijk dat een groot gedeelte van de leerlingen bij voorbaat al geen les kan krijgen en dus naar zelfstudie gaat. Als na het controleren van de beschikbaarheid van leraren van de twee andere vakken blijkt dat de leerlingen in deze vakken ook geen les kunnen krijgen, en/of dat de groep te klein is, en/of dat er geen lokaal beschikbaar is, dan gaat de groep zelfstudie doen voor het grijze, vaste vak van het rooster. Voor een verdere uitleg van de samenstelling van het rooster verwijzen we naar paragraaf 5.2.

Y2/VWO	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
B1	Nederlands	Gym	Gym	Handenarbeid	Wiskunde
	Economie	Biologie	IT	Economie	IT
	IT	Economie	Biologie	IT	Economie
B2	Wiskunde	Gym	Gym	Muziek	Wiskunde
	Economie	Biologie	Geschiedenis	Frans	Muziek
	IT	Geschiedenis	Biologie	Geschiedenis	Economie
B3	Engels	Nederlands	Muziek	Muziek	Frans
	Geschiedenis	Muziek	IT	Engels	IT
	Muziek	Engels	Biologie	IT	Muziek
B4	IT	Wiskunde	Frans	Biologie	Economie
	Muziek	IT	Geschiedenis	Muziek	Aardrijkskunde
	Geschiedenis	Muziek	Muziek	Economie	Biologie
B5	Muziek	Engels	Nederlands	Latijn	Economie
	Economie	Geschiedenis	Aardrijkskunde	Muziek	Aardrijkskunde
	Aardrijkskunde	Economie	IT	Geschiedenis	Muziek
B6	Geschiedenis	Frans	Nederlands	Tekenen	Aardrijkskunde
	IT	Economie	IT	Economie	IT
	Economie	IT	Economie	IT	Biologie
B7	Biologie	Economie	Engels	Geschiedenis	Biologie
	IT	Frans	IT	Frans	IT
	Frans	IT	Wiskunde	IT	Frans
B8	Biologie	Engels	Handenarbeid	Geschiedenis	Aardrijkskunde
	Nederlands	Muziek	Frans	Wiskunde	Nederlands
	Engels	Frans	Engels	Frans	IT

Figuur 6-4: Schoolrooster voor de nieuwe tool (voor jaar 2 van VWO)

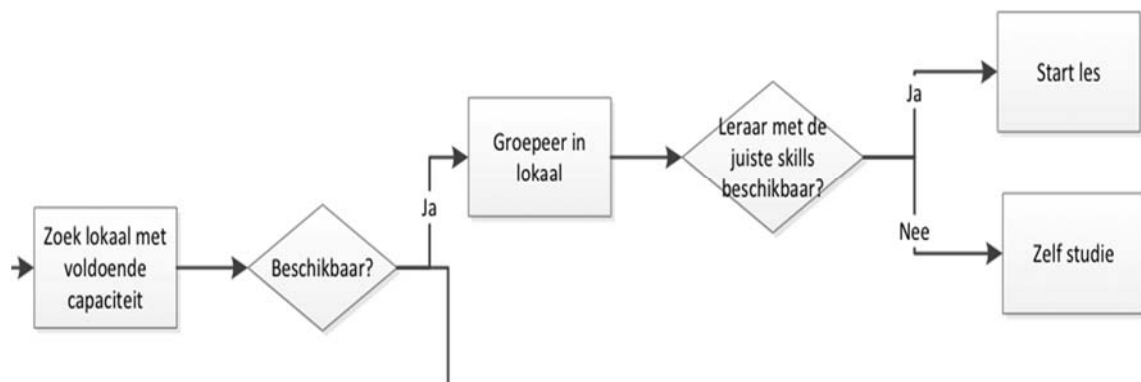
Bij het gebruiken van het rooster geldt dat in de eerste helft van de blokken van het rooster de grootste groepen leerlingen voorrang krijgt en in de tweede helft van de blokken de kleinste groepen. De eerste helft is van maandag het eerste uur tot en met woensdag het vierde uur. De tweede helft is de rest. Dit is om te voorkomen dat bepaalde groepen alleen maar een bepaalde soort werkvorm krijgen (dus alleen zelfstudie of alleen les).

In de volgende stap worden alle modules waar 10 tot 20 leerlingen aan toe zijn behandeld, wat te zien is in Figuur 6-5. Hier wordt eerst weer naar de lijst gekeken die in het eerste deel van het stroomschema is opgesteld. Dan wordt bepaald welke leerlingen nog niet toebedeeld zijn en gaat de tool daar dus mee verder. Voor deze groep wordt gekeken of alle lokalen deels of volledig gevuld zijn. Als dit het geval is, zoekt de tool naar een lokaal waar deze groep gedeeltelijk of volledig bij past en plaatst de groep hier dan bij. Als dit niet mogelijk is, gaat deze groep zelfstudie doen. Bij dit bijplaatsen worden de volgende aannames gemaakt: 1) de leerlingen die toegevoegd worden aan een andere klas kunnen zelf beginnen met een andere module binnen dit lokaal voor vak i, of 2) de leerlingen kunnen mee doen met de les die gaat starten. Verder kan het bijplaatsen van de groep leerlingen alleen gedaan worden bij een groep die twee modules voor of achter loopt. Dit dient om te voorkomen dat de diversiteit binnen een klas te groot wordt. Als alle lokalen nog niet volledig of gedeeltelijk gevuld zijn voor de groep van 10 tot 20 leerlingen, dan wordt de groep apart gehouden.



Figuur 6-5: Vierde deel stroomschema

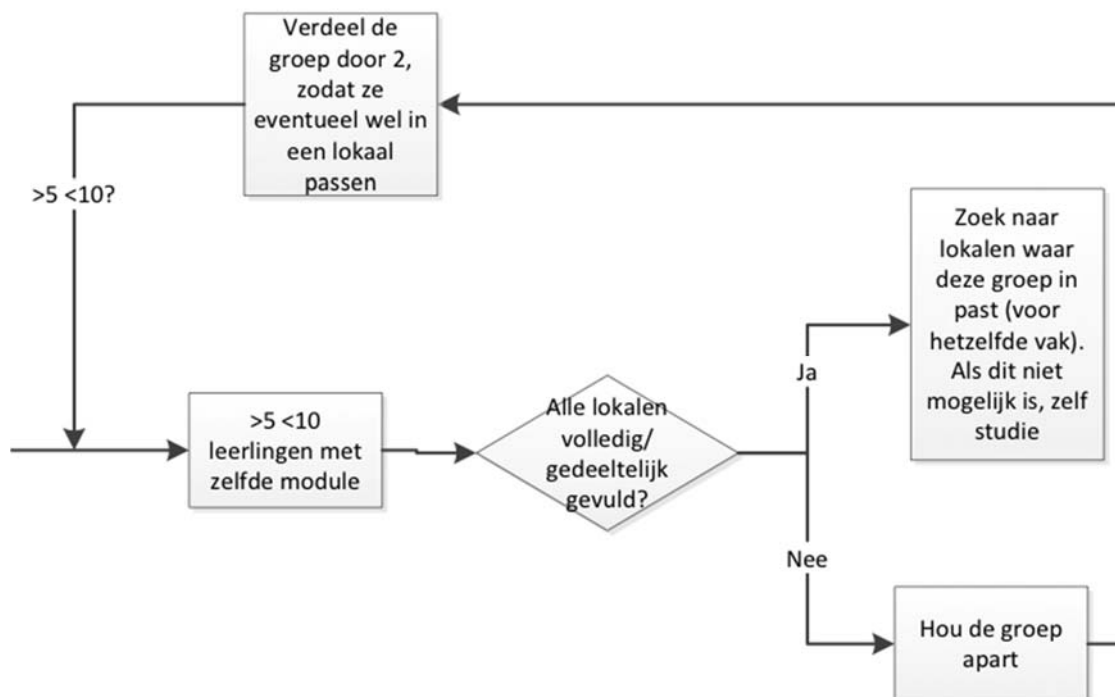
Daarna wordt voor deze groep ook weer gezocht naar een lokaal met voldoende capaciteit en herhaalt het proces van het derde deel van het stroomschema zich. Dit is te zien in Figuur 6-6.



Figuur 6-6: Vijfde deel stroomschema

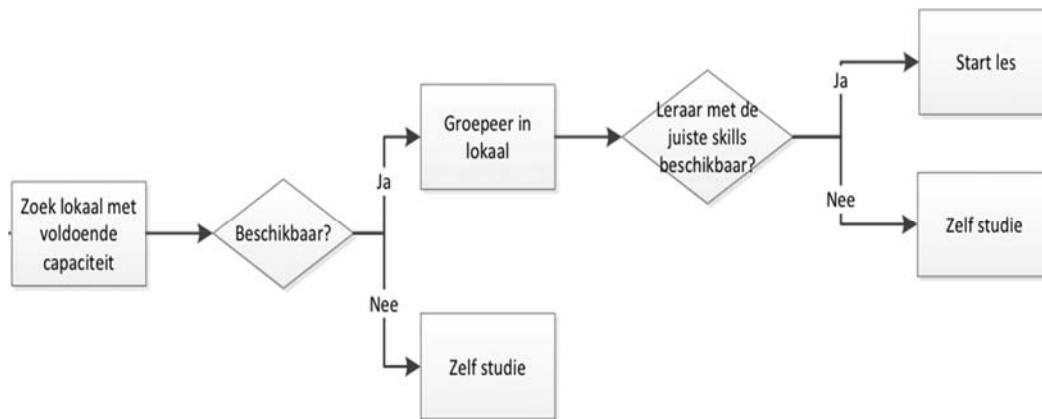
Wanneer er dan dus geen geschikt lokaal beschikbaar is, wordt de groep weer opgedeeld in twee en vervolgt de groep het proces met de volgende stap in Figuur 6-7. Deze stappen worden alleen aangeroepen wanneer de minimale batchgrootte laag is. Als de minimale groepsgrootte hoog is (bijvoorbeeld 20), zal de tool niet aan deze stappen toekomen. Dit is omdat de groepen per module dan kleiner zijn dan de minimale batchgrootte en het dus niet mogelijk zal zijn om de leerlingen les en/of zelfstudie aan te bieden.

Zoals te zien is in Figuur 6-7, wordt bij de groep van vijf tot tien leerlingen eerst weer gekeken of alle lokalen gedeeltelijk of volledig gevuld zijn. Als dit het geval is wordt er weer gezocht naar een lokaal waar de groep (gedeeltelijk) bij past. Mocht dit niet mogelijk zijn, gaat deze groep zelfstudie doen. Als nog niet alle lokalen gevuld zijn, wordt de groep apart gehouden en wordt weer gezocht naar een geschikt lokaal.



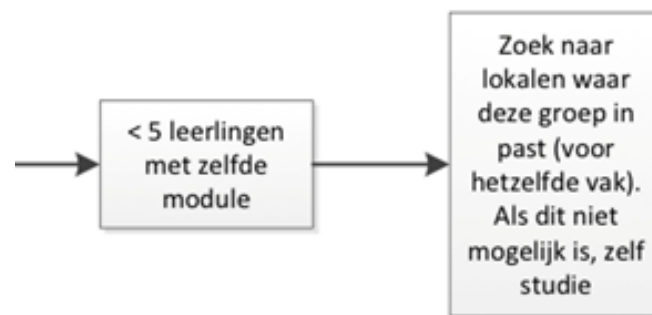
Figuur 6-7: Zesde deel stroomschema

Figuur 6-8 laat zien dat wanneer wel een lokaal beschikbaar is, er weer gezocht wordt naar een leraar en dat de groep anders zelfstudie gaat doen. Ook hier wordt eerst weer gekeken naar eventuele andere mogelijkheden qua vakken en leraren in het rooster. Mocht dit niet mogelijk zijn dan gaat de groep dus voor het originele vak zelfstudie doen.



Figuur 6-8: Zevende deel stroomschema

De laatste stap van de tool (Figuur 6-9) gaat om de groep van vijf leerlingen of minder die aan dezelfde module toe zijn. Voor deze groep wordt gekeken of ze bij een andere groep geplaatst kunnen worden en als dit niet mogelijk is, gaan ze zelfstudie doen. Dit komt omdat de minimale batchgrootte om een les te geven in het basisexperiment is vastgesteld op vijf leerlingen.



Figuur 6-9: Achtste deel stroomschema

Verder wordt in de tool en de simulatiestudie gebruik gemaakt van verschillende parameters. De parameters zijn de basiswaarden die gebaseerd zijn op de input van verschillende scholen. Deze waarden zijn weergegeven in paragraaf 5.3. Om te kijken wat voor invloed dit heeft op de prestatie-maten die zijn gedefinieerd, zijn deze waarden in de verschillende experimenten aangepast. De prestatie-maten zijn al eerder weergegeven in Tabel 6-1. In de volgende paragraaf worden de voornaamste resultaten van deze experimenten weergegeven.

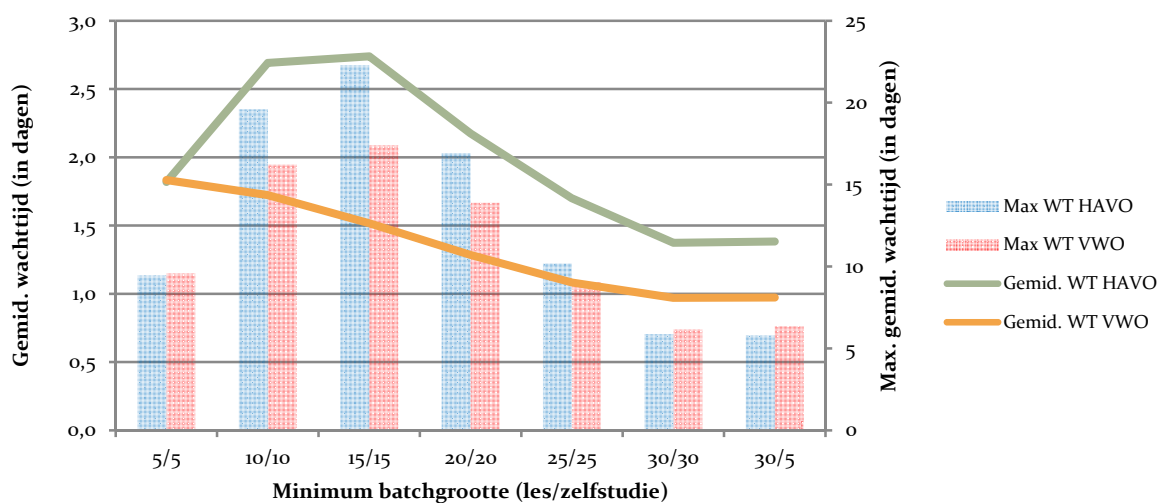
6.4 Conclusies en aanbevelingen

In de experimenten richten we ons voornamelijk op het aanpassen van de minimale batchgrootte en de toegestane bezettingsgraden voor het geven van lessen/het begeleiden van zelfstudie voor leraren. Als baseline wordt de minimale groeps-grootte gezet op vijf leerlingen en de toegestane bezettingsgraden voor lesgeven/zelfstudie op respectievelijk 45% en 22,5%. Dit is gebaseerd op de expert-sessies en op de voorschriften van de cao voortgezet onderwijs. We runnen meerdere replicaties van het model met elk een periode van meerdere jaren.

De uitkomsten van de experimenten laten zien dat de nieuw ontwikkelde tool goed werkt als we de tool vergelijken met de simpele beslissingsregel die standaard in het model zat. De wachttijden en cyclustijden (zie paragraaf 6.3) zijn echter iets hoger voor de nieuwe tool. Dit komt omdat in de nieuwe tool meer aandacht wordt besteed aan het vormen van groepen met verschillende groepssamenstellingen en groottes dan in de simpele beslissingsregel. Een voorbeeld hiervan is dat

leerlingen die toe zijn aan module 11 van het vak Nederlands alleen maar bij leerlingen geplaatst kunnen worden die bij module 9, 10, 12 of 13 voor Nederlands zijn. Daardoor is het soms lastiger om groepen samen te stellen en moeten leerlingen iets langer wachten. Verder worden in de nieuwe tool de leraren gemiddeld iets meer ingezet voor het geven van lessen of het begeleiden van een zelfstudie uur dan met de simpele beslissingsregel. Dit is ook terug te zien in de bezetting van de klaslokalen. Echter zijn deze uitkomsten dus niet negatief. Het laat juist zien dat er door middel van de nieuwe tool geen hoge cyclus- en wachttijden gecreëerd worden en dat de werkdruk voor de leraren niet veel hoger wordt dan met de simpele beslissingsregel. Dit terwijl in de nieuwe tool dus wel meer aandacht wordt besteed aan het flexibel batchen van leerlingen. Vervolgens is geëxperimenteerd met verschillende waarden voor de parameters. De belangrijkste resultaten van de baseline experimenten worden hierna weergegeven en kort uitgelegd per grafiek.

Wachttijd per module

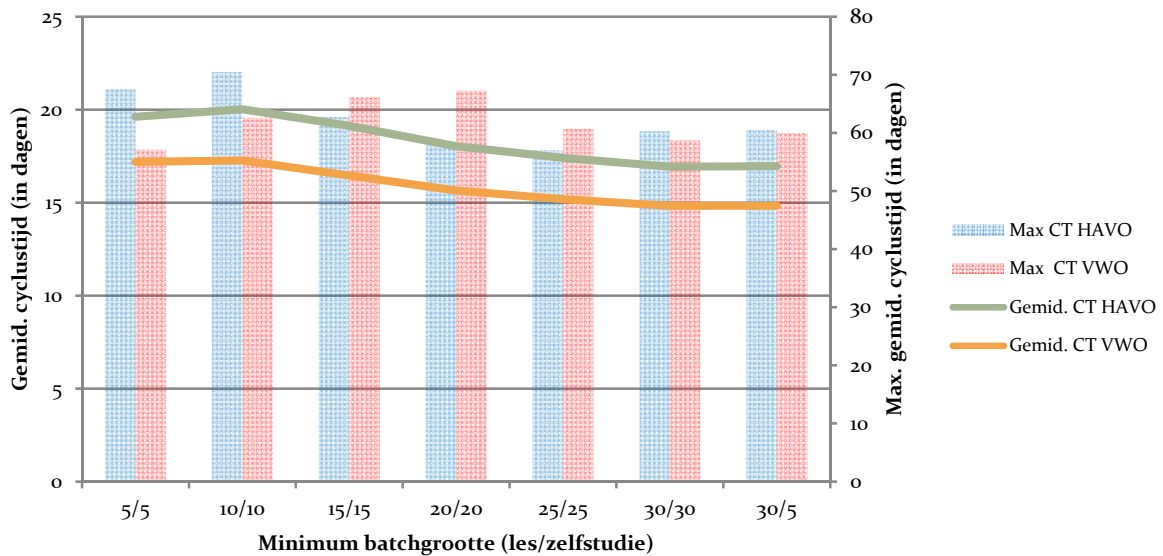


Figuur 6-10: Gemiddelde wachttijd (in dagen) per module voor baseline experimenten

Uit Figuur 6-10 wordt duidelijk dat de minimum batchgrootte veel invloed heeft op de gemiddelde wachttijden. Tot een minimum batchgrootte van 15 neemt de gemiddelde wachttijd voor HAVO-leerlingen namelijk toe, doordat het langer duurt voordat een groep de vereiste grootte heeft. Daarna neemt deze af. Bij VWO-leerlingen neemt dit al af na een vergroting naar 10 leerlingen. Dit kan veroorzaakt worden doordat bij de HAVO vanaf een minimum batchgrootte van 15 amper groepen meer samengesteld kunnen worden. Dit heeft te maken met het gemiddeld aantal leerlingen per module. Dit aantal komt dan onder het aantal van de minimale groeps grootte te liggen, wat ervoor zorgt dat er geen lessen of zelfstudie meer aangeboden kunnen worden aan deze groepen. Dit wordt later nog in meer detail besproken. Vanaf dat punt volgt dan waarschijnlijk een grote groep leerlingen die alleen nog maar zelfstudie volgen tijdens een module, waardoor ze niet meegenomen worden in de wachttijden per module. Na een data-analyse blijkt dat het inderdaad vaak voorkomt dat er leerlingen zijn die een module afronden zonder wachttijd, echter blijkt hier nog niet uit of dit leerlingen zijn die alleen zelfstudie volgen in een module, of leerlingen die daadwerkelijk niet hoefde te wachten totdat ze een les kregen in een nieuwe module. Daarom is het nodig om meer inzicht te krijgen in het aantal leerlingen dat tijdens een module alleen maar zelfstudie uren volgt en is het wellicht nodig om de term wachttijd anders te definiëren of om nieuwe prestatie maten te definiëren (zie paragraaf 5.5). Daarna kan de afweging gemaakt worden welke combinatie van wachttijd en minimale batchgrootte de meest ideale is. Dit zal per school verschillen, omdat elke school verschillende eigenschappen heeft.

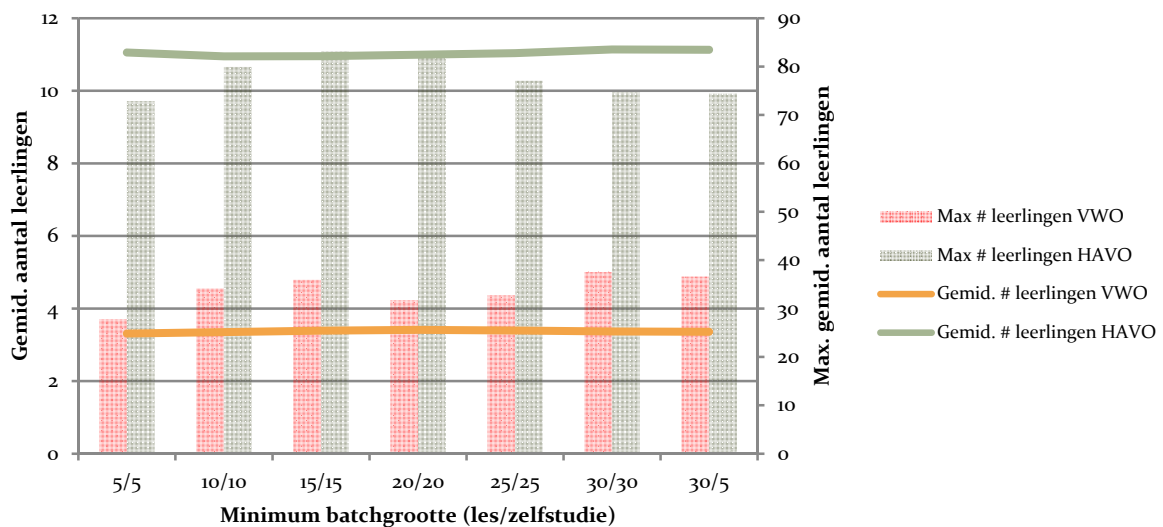
Figuur 6-11 laat zien dat de gemiddelde cyclustijd per module voor de HAVO iets hoger ligt dan voor het VWO en dat beide waarden afnemen naarmate de minimum batchgrootte groter wordt na een minimum batchgrootte van 10 leerlingen. Hier is een relatie zichtbaar met de wachttijden, omdat de totale cyclustijden gedeeltelijk afnemen doordat de wachttijden afnemen en omdat de cyclustijden (net als bij de wachttijden) van HAVO iets hoger zijn dan de cyclustijden van VWO. Ook hier is meer inzicht nodig in het aantal leerlingen dat per module alleen zelfstudie volgt, in plaats van een combinatie van zelfstudie en lessen.

Cyclustijd per module



Figuur 6-11: Gemiddelde cyclustijd (in dagen) per module voor baseline experimenten

Gemiddeld aantal leerlingen per module

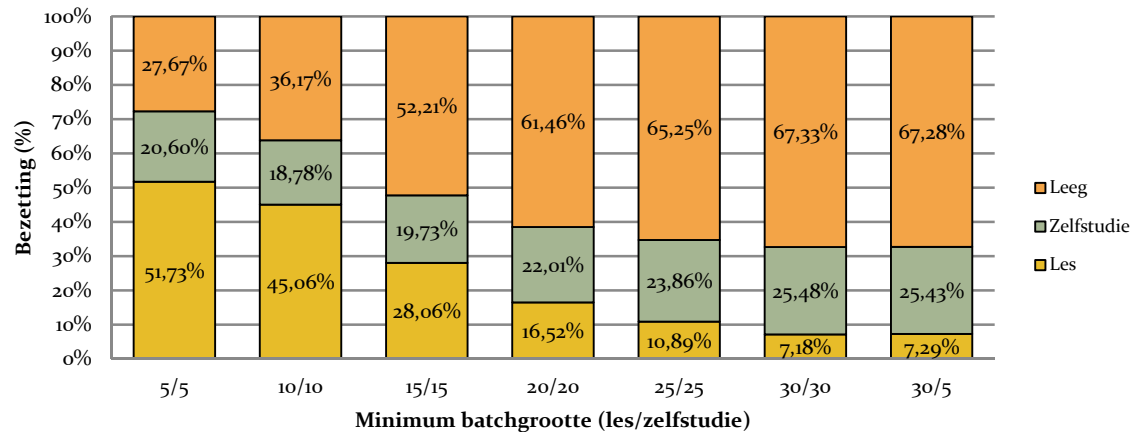


Figuur 6-12: Gemiddeld aantal leerlingen per module voor baseline experimenten

Het is te zien in Figuur 6-12 dat het gemiddelde aantal leerlingen per module nagenoeg gelijk blijft wanneer de minimale batchgrootte groter wordt. Het heeft voor de verdeling van het gemiddeld aantal leerlingen (zowel HAVO als VWO) dus geen invloed op welk aantal de minimum batchgrootte gezet wordt. Echter is wel te zien dat er een wezenlijk verschil zit tussen het gemiddeld aantal

leerlingen per module voor HAVO en VWO. Namelijk, het gemiddelde ligt voor HAVO (rond de 11 leerlingen) een stuk hoger dan voor VWO (rond de 3,3 leerlingen). Ook als we dit relateren aan het percentage HAVO en VWO-leerlingen en het aantal modules dat ze moeten voltooien, blijkt dat het gemiddelde aantal HAVO-leerlingen per module groter is dan het gemiddelde aantal VWO-leerlingen. Dit betekent dus dat de minimale groepsgrootte voor HAVO-leerlingen over het algemeen hoger kan zijn dan voor VWO-leerlingen, omdat hier de mogelijkheid is om meer leerlingen met dezelfde voortgang bij elkaar te zetten.

Gemiddelde werkelijke bezetting klaslokalen (%)

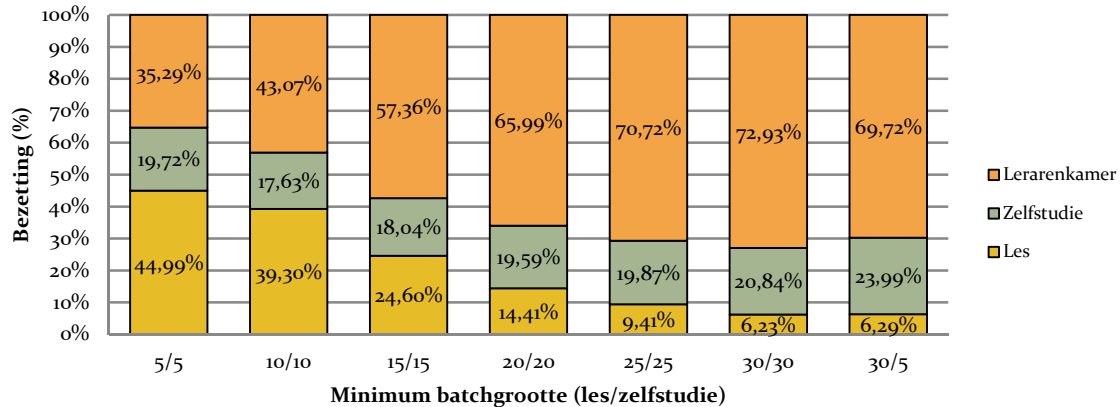


Figuur 6-13: Gemiddelde werkelijke bezetting klaslokalen (%) voor baseline experimenten

In de grafiek met de gemiddelde werkelijke bezetting van de klaslokalen (Figuur 6-13) is duidelijk te zien dat de bezetting voor les en zelfstudie drastisch afneemt naarmate de minimum batchgrootte groter wordt. Dit wordt veroorzaakt doordat bij een hogere minimum batchgrootte minder snel groepen samengesteld kunnen worden, wat tot gevolg heeft dat minder lessen en zelfstudie uren met begeleiding gegeven kunnen worden. Daardoor zijn ook minder klaslokalen nodig voor deze twee lesmethoden. Het is wel mogelijk dat leerlingen dan zelfstudie doen zonder begeleiding van een leraar, maar dit wordt niet meegenomen in de percentages in Figuur 6-13. Dit wordt ook niet standaard aangeboden, omdat verondersteld wordt dat leerlingen in een zelfstudie uur ook begeleiding nodig hebben om goed te kunnen werken.

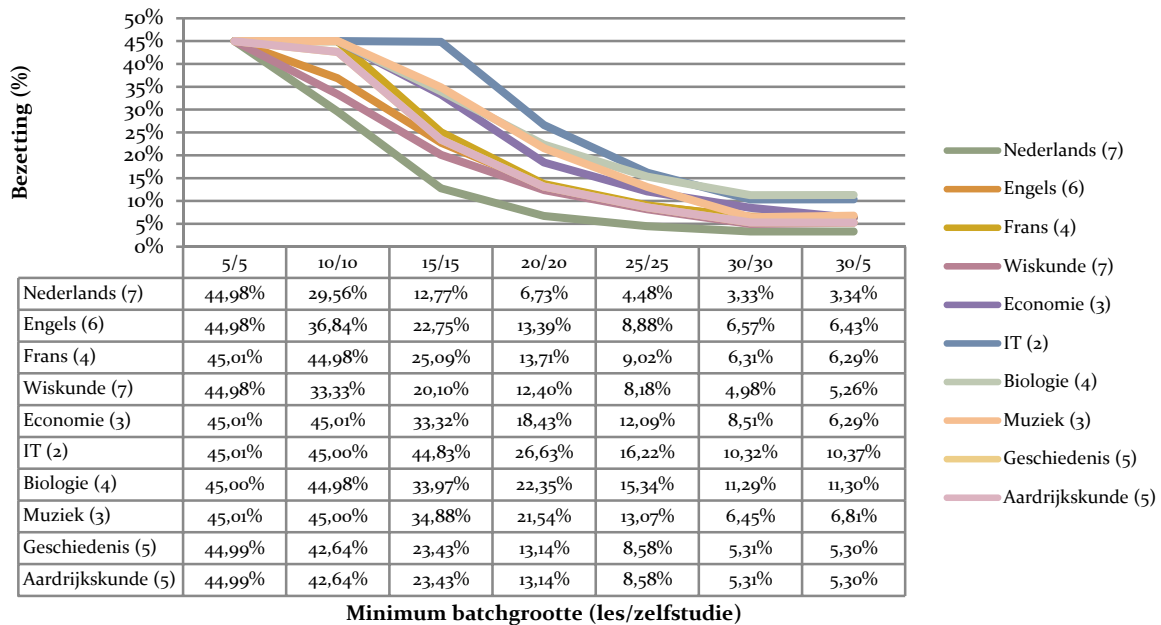
In Figuur 6-14 is de gemiddelde werkelijke bezetting van leraren te zien. Hier is hetzelfde patroon merkbaar als bij de bezetting van de klaslokalen. Dit betekent dat de minimum batchgrootte zo laag mogelijk gehouden moet worden, zodat er nog vaak de mogelijkheid is om groepen samen te stellen en om hier dan lessen aan te kunnen bieden.

Gemiddelde werkelijke bezetting leraren (%)



Figuur 6-14: Gemiddelde werkelijke bezetting leraren (%) voor baseline experimenten

Gemiddelde werkelijke leraren bezetting (%) voor lesgeven per vak



Figuur 6-15: Gemiddelde werkelijke leraren bezetting (%) voor lesgeven per vak voor baseline experimenten

Tot slot laat Figuur 6-15 zien dat de gemiddelde werkelijke leraren bezetting voor lesgeven verschilt per vak. Dit is voornamelijk te verklaren door het aantal leraren dat beschikbaar is per vak, omdat de werkdruk verdeeld wordt over het aantal leraren. Dat betekent dus dat als er voor een vak minder leraren beschikbaar zijn dat zij het drukker hebben dan bij een vak waar meer leraren beschikbaar zijn. Echter is in Figuur 6-15 ook te zien dat voor sommige vakken (bijvoorbeeld biologie en Frans) evenveel leraren beschikbaar zijn, maar de gemiddelde werkelijke bezetting toch verschilt. Om aan te kunnen tonen waar dit verschil vandaan komt en of de resultaten significant zijn, moet de data statistisch verder geanalyseerd worden.

6.5 Verder onderzoek

Met dit onderzoek is een basis gelegd voor het ontwerp van een nieuwe beslissingsregel voor flexibel batchen binnen een gepersonaliseerd onderwijssysteem. Dit heeft geleid tot meerdere inzichten die op hun beurt weer leiden tot ideeën voor verder onderzoek, namelijk:

- Een derde reeks experimenten draaien om de robuustheid van de werking van de nieuwe tool aan te kunnen tonen. In deze experimenten kunnen de factoren van de desbetreffende school aangepast worden (bijvoorbeeld het aantal leraren en klaslokalen), zodat er ook geanalyseerd kan worden of de nieuwe tool toepasbaar zou kunnen zijn voor meerdere andere scholen.
- Experimenteren met de mogelijkheid om andere werkvormen met variërende lestijden en begeleiding (voorbeelden zijn een lezing, seminar, workshop, communicatiesessie, of een lab sessie) aan te kunnen bieden.
- De mogelijkheid toevoegen aan de beslissingsregel/simulatie dat begeleiding door een leraar bij een zelfstudie klas niet altijd nodig is.
- Experimenteren met de mogelijkheid dat leerlingen ook zelfstudie kunnen doen voor een ander vak dan in het rooster staat. Dus eigenlijk dat dit toegevoegd wordt als parameter en dus aan- en uitgezet kan worden. Op die manier kan geanalyseerd worden of dit invloed heeft op de waarden van de prestatie-maten.
- Een aparte voortgang qua leersnelheid toevoegen aan het simulatiemodel voor de zelfstudie-uren die begeleid worden door leraren die bij het vak dat gepland staat in het rooster horen (een voorbeeld: een leerling zou wellicht sneller een module kunnen voltooien als hij in een zelfstudie uur van wiskunde ook daadwerkelijk vragen kan stellen aan een leraar wiskunde dan wanneer hij deze wiskunde vragen aan een leraar Engels moet stellen).
- De mogelijkheid toevoegen aan het simulatiemodel om leraren in te zetten op basis van hun kwaliteiten. Leraren die sterk zijn in het overbrengen van kennis zouden dan vaker daarvoor ingezet kunnen worden dan andere leraren. Hetzelfde geldt uiteraard voor andere activiteiten als workshops, practica, etc. Daarnaast zou er ook de mogelijkheid kunnen zijn dat mensen ingezet kunnen worden op basis van hun kennis over een bepaald deelonderwerp. Bijvoorbeeld de leraar geschiedenis die meer dan zijn collega's is gespecialiseerd in de Gouden Eeuw en daarom het merendeel van de activiteiten (of dat nu instructie, workshops, kennisoverdracht of wat anders is) wordt ingezet.

7. Keuzegedrag van leerlingen

Carolina Spronk

7.1 Inleiding

In gepersonaliseerd leren staat de leerling centraal. Elke leerling bepaalt zijn eigen leerproces. De leerling maakt echter bewust en onbewust keuzes die dit leerproces beïnvloeden. Hierdoor kan de leerling afwijken van zijn 'ideale' leerproces. Door de grote keuzevrijheid in gepersonaliseerd leren is de verwachting dat het keuzegedrag van leerlingen een belangrijke impact heeft op het totale proces. Wanneer we gepersonaliseerd leren in beeld willen brengen door bijvoorbeeld simulatiemodellen te maken, is het dus van belang rekening te houden met het keuzegedrag van leerlingen.

7.2 Methodologie

Om een beeld te krijgen van de aspecten die voor leerlingen meespelen bij het maken van keuzes zijn verschillende interviews afgenomen met leraren op het voortgezet onderwijs. Deze leraren geven allemaal les op een school binnen het 'Zo.Leer.Ik!'-netwerk. Voor de interviews zijn drie verschillende scholen bezocht die allemaal in een ander stadium zijn wat betreft het invoeren van gepersonaliseerd leren.

De interviews zijn afgenomen aan de hand van een semigestructureerd interviewprotocol. Hierin zijn verschillende aspecten aan bod gekomen. Allereerst zijn vragen gesteld over de leersnelheid van leerlingen en welke factoren hier invloed op hebben. Vervolgens is ingegaan op de keuze voor een bepaalde les en de invloeden hierop. Als laatste aspect is de keuze voor het aantal uur in een week dat besteed wordt aan een bepaald vak besproken. Daarna bestond de mogelijkheid voor de geïnterviewden om aspecten te noemen die zij in het interview misten.

Naast het afnemen van interviews zijn observaties gehouden bij een van de scholen binnen het 'Zo.Leer.Ik!'-netwerk. In december 2015 is op deze school een pilot gehouden om gepersonaliseerd leren te testen. Tijdens deze periode van anderhalve week zijn er op drie dagen drie onderzoekers aanwezig geweest om te observeren. Hierbij is onder andere gelet op de keuzes van leerlingen en waarop leerlingen deze keuzes baseren.

7.3 Resultaten interviews leraren

Tijdens de interviews met leraren zijn verschillende keuzes van leerlingen besproken. Aangezien het de leraren zijn die zijn geïnterviewd en niet de leerlingen zelf en omdat de meeste leraren nog geen lesgeven volgens gepersonaliseerd leren, spreken we over de verwachting van leraren.

7.3.1 Leersnelheid

Uit de interviews blijkt dat de leersnelheid van leerlingen afhangt van veel factoren. Gedurende de dag zal de leersnelheid erg verschillen. Zo geven leraren aan dat leerlingen in de ochtend rustiger zijn dan in de middag en hierdoor dus meer lesstof opnemen. Het leerrendement zal hierdoor in de eerste lessen op een dag hoger liggen. Ook geven leraren aan dat de concentratie bij leraren zelf in de ochtend vaak beter is dan in de middag. Dit heeft ook invloed op het leerrendement van de leerlingen.

Daarnaast hangt de leersnelheid ook af van de leersnelheid van andere leerlingen. Leraren verwachten dat leerlingen het niet 'cool' vinden om vooruit te lopen en hier niet mee willen opvallen. Betere leerlingen zullen hierdoor naar verwachting van leraren minder snel leren dan ze eigenlijk kunnen. Dit zal vooral zichtbaar zijn met samenwerken. Ook kan het zijn dat een minder goede leerling zich optrekt aan andere leerlingen.

Naast deze aspecten zijn veel meer variabelen genoemd die van invloed kunnen zijn op de leersnelheid van leerlingen. Denk hierbij aan het moment in de week, de werkvorm en de afwisseling tussen bepaalde werkvormen, de leraar die voor de klas staat, de veiligheid in en rond de school en aan de afleiding in de les. Deze afleiding kan komen door andere leerlingen, maar ook door het weer, thuissituatie, et cetera.

7.3.2 Keuze voor een les van een bepaald vak

In gepersonaliseerd leren kan een leerling zelf kiezen welk vak hij in welk uur wil gaan doen. Hierbij kan ook vaak gekozen worden voor de werkvorm van een les. Het is interessant te weten waarop leerlingen deze keuzes baseren.

In de interviews kwam naar voren dat de leerstijl van de leerling veel invloed zal hebben op de keuze. Wanneer een leerling beter en liever leert als hij de lesstof leest, zal hij er eerder voor kiezen om zelfstudie te volgen. Een andere leerling heeft meer behoefte aan instructies en zal daarom eerder hiervoor kiezen.

Daarnaast verwachten leraren dat leerlingen hun keuze zullen baseren op de keuze van anderen. Er zal in meer of mindere mate sprake zijn van groepsdruk. De keuzes van vrienden en vriendinnen zullen belangrijk zijn voor leerlingen. Naar school gaan is voor leerlingen naast het krijgen van les ook een sociale bezigheid. Ze zullen er dus voor kiezen deels naar dezelfde lessen te gaan als hun vrienden. Echter is de verwachting van leraren dat dit aspect geleidelijk zal afnemen. Dit betekent dat naarmate de leerling langer op school zit, hij zich steeds meer zal gaan richten op zijn eigen leerweg. In hogere klassen zullen keuzes van anderen naar verwachting dus minder een rol spelen dan in bijvoorbeeld de eerste klas.

Ook geven leraren aan dat leerlingen hun keuzes zullen baseren op het advies van de coach. Leerlingen hebben regelmatig coachingsgesprekken. In deze gesprekken zal gereflecteerd worden op de afgelopen week en zal de planning van de leerling besproken worden. De coach kan door de juiste vragen te stellen de leerling laten inzien of de planning wel of niet goed is om te volgen. Uiteindelijk zal de leerling zelf beslissen wat hij gaat doen, maar als coach kun je hier wel invloed op hebben. Dit ligt eraan hoe coachend de coach is.

Een ander aspect dat mee zal spelen bij het kiezen voor een les van een bepaald vak is hoe moeilijk of makkelijk de leerling het vak vindt. Leraren verwachten dat leerlingen eerder zullen kiezen voor een vak dat ze leuk of makkelijk vinden. Lastige en 'stomme' vakken zullen ze eerder laten zitten. De verwachting is echter dat dit zal veranderen wanneer een toetsweek of de examens in zicht komen. Leerlingen zullen dan eerder kiezen voor vakken waar ze meer uitleg voor nodig hebben.

Andere aspecten die mee kunnen spelen zijn de leraar die voor de klas staat, het tijdstip van de les en de plek waar de les gegeven wordt.

7.3.3 Aantal uur per week per vak

Aangezien een leerling zelf kiest wanneer hij welk vak zal gaan doen, kan hij ook zelf bepalen hoeveel uur per week hij aan een bepaald vak besteedt. Een aantal leraren geeft aan dat ze liever zien dat er een restrictie bestaat met betrekking tot deze keuze. Zij zien liever dat er een minimum aantal uur per vak vast ligt en dat de ruimte daar omheen voor de leerling vrij is om te bepalen. Andere leraren geven juist aan dat er bij dit soort restricties afbreuk gedaan wordt aan het concept van gepersonaliseerd leren.

Bij het bepalen van het aantal uur in de week dat een leerling aan een vak besteedt, spelen vooral groepsdruk en motivatie een belangrijke rol. Net als bij de keuze voor een les zal de groepsdruk in de eerste klassen meer invloed hebben dan in hogere klassen. Ook geven leraren aan dat groepsdruk bij het VWO een minder grote rol zal spelen dan bij bijvoorbeeld VMBO. Ook voor de motivatie geldt

hetzelfde als bij de voorgaande paragraaf. Een leerling zal naar verwachting meer uren per week besteden aan een vak dat hij leuk vindt dan een vak dat hij minder leuk vindt.

Andere aspecten die mee kunnen spelen bij deze keuze zijn het totaal aantal ingeplande uren en de begeleiding die leerlingen thuis krijgen. Wanneer een leerling al veel uren heeft ingepland voor een bepaald vak, zal hij voor een ander vak minder uren inplannen. Voor de begeleiding thuis geldt dat wanneer een leerling thuis meer begeleiding voor een bepaald vak krijgt, hij waarschijnlijk minder uren nodig zal hebben voor dit vak.

7.3.4 Overige aspecten

Naast de aspecten benoemd in voorgaande paragrafen kregen de geïnterviewden de mogelijkheid om aspecten met betrekking tot keuzes van leerlingen te noemen die in de interviews nog niet aan bod waren gekomen.

Een aspect dat werd genoemd is toetsing. Leerlingen zouden idealiter zelf kiezen wanneer ze toe zijn aan een toets of examen. Echter bestaan hier nog vele restricties. De examens en meeste toetsen worden op een vast moment afgenomen. Een leerling kan hier dus niet in zijn eigen tempo naar toe werken. Een enkele leraar gaf aan de toetsing achterwege te willen laten, omdat toetsen en cijfers niet motiveren. Andere leraren vinden toetsing belangrijk, maar zouden graag willen zien dat de leerling pas een toets maakt als hij hier aan toe is. Ook zou het fijn zijn als de leerling een eigen toetsingsvorm zou kunnen aangeven dat bij zijn leerstijl past.

7.4 Resultaten observaties keuzegedrag leerlingen

Een van de doelen van het testen van gepersonaliseerd leren was kijken welke keuzes leerlingen maken en wat hierbij een rol speelt. Observanten hebben daarom gesproken met zowel leerlingen als leraren om hier een beter beeld bij te krijgen.

Door de testweken is meer inzicht verkregen in de keuzes van leerlingen. Doordat leerlingen bij gepersonaliseerd leren meer keuzevrijheid hebben dan bij de reguliere wijze waarop voortgezet onderwijs wordt gegeven, zijn deze inzichten interessant om te analyseren. Echter konden leerlingen tijdens de testweken niet altijd kiezen wat ze wilden kiezen. Dit kwam voornamelijk door het feit dat lessen al snel vol zaten. Leerlingen moesten daarom kiezen voor een les waar ze eigenlijk niet heen wilden.

De leerlingen uit de testweken baseren hun keuzes voor de lessen die ze gaan volgen op verschillende aspecten. Zo geven leerlingen aan hun keuzes af te laten hangen van de keuzes van vrienden/vriendinnen. Ze willen liever niet bij kinderen in een lokaal te zitten die ze nauwelijks kennen. Daarnaast geven ze ook aan vakken die ze moeilijk vinden of vakken waar ze een onvoldoende voor staan eerder te kiezen dan vakken die ze makkelijker vinden. Het valt op dat de vakken Nederlands, Engels en wiskunde het meest gekozen worden. Leerlingen letten bij het kiezen voor een les ook op de leraar die les gaat geven. Leuke leraren hebben de voorkeur, maar ook leraren waarvan leerlingen vinden dat deze goed kunnen uitleggen. Lessen van stagiaires lijken over het algemeen minder snel gekozen te worden dan lessen van vaste leraren.

In de gesprekken met leerlingen zijn veel positieve aspecten benoemd over de testweken. Leerlingen geven aan dat ze de coachingsgesprekken fijn vinden. In deze coachingsgesprekken geven leerlingen aan dat ondanks het feit dat ze het plannen nog erg lastig vinden, ze het fijn te vinden om zelf te kunnen kiezen wat ze gaan doen. Hierdoor kunnen ze zich focussen op hun eigen leerproces.

Tijdens de testweken werd door leraren benoemd dat leerlingen uit het VWO minder stress ondervinden dan leerlingen van de HAVO. Ook lijken ze sneller voor zichzelf te kiezen. Wat ook opviel

tijdens de observaties is het 'korte termijn denken' van leerlingen. Dit wil zeggen dat wanneer een toets in zicht is, leerlingen vaker voor het vak kiezen waar ze binnenkort een toets van hebben.

7.5 Conclusie en vervolgonderzoek

Het keuzegedrag van leerlingen wordt door een heel aantal factoren beïnvloed. Er zijn hierin verschillen en overeenkomsten op te merken tussen de verwachtingen van leraren uit de interviews en de observaties.

Een van de aspecten die zowel in de interviews als tijdens de observaties naar voren is gekomen is de invloed van het keuzegedrag van vrienden. Leerlingen willen graag bij hun vrienden in de klas zitten en zullen daarom hun keuzes af laten hangen van de keuzes van hun vrienden. Echter is hierin tussen de verschillende niveaus wel verschil te merken. Zo zal iemand op het VWO eerder voor zichzelf kiezen. Daarnaast speelt de leraar die voor de klas staat een rol in de keuze. Ook deze factor werd in zowel de interviews als de observaties bevestigd.

Een andere factor die meespeelt is de moeilijkheidsgraad van een vak. Wat betreft deze factor is er een verschil tussen de verwachting van leraren uit de interviews en de resultaten van de observaties. Uit de interviews bleek dat leraren verwachten dat leerlingen sneller zouden kiezen voor vakken die ze leuk en makkelijk vinden. Maar tijdens de observaties kwam juist naar voren dat leerlingen liever kiezen voor vakken die ze moeilijk vinden of waar ze een onvoldoende voor staan.

Om een duidelijker beeld te krijgen van het keuzegedrag van leerlingen en de relaties tussen verschillende variabelen zullen data-analyses worden uitgevoerd. Een derde methode voor het vergaren van informatie over het keuzegedrag van leerlingen is dus het doen van deze data-analyses. Vanuit een van de scholen binnen het 'Zo.Leer.lk!'-netwerk is data verkregen over de keuzes die leerlingen hebben gemaakt met betrekking tot keuzewerkijd (KWT)-uren. Tevens is data ontvangen over de cijfers van deze leerlingen. Met behulp van deze data zal worden gezocht naar relaties tussen verschillende variabelen. Hierin zullen de resultaten uit zowel de interviews als de observaties worden meegenomen. Deze resultaten kunnen worden meegenomen in nieuw te ontwikkelen logistieke modellen voor gepersonaliseerd leren. Een voorbeeld hiervan is het ontwikkelen van een tool om te kijken of kan worden voorspeld welke keuzes leerlingen zullen maken. Aan de hand van deze voorspellingen kunnen bijvoorbeeld plannings worden gemaakt.

8. Wrap-up, take-aways en verder onderzoek

Wim Kokx, Jan Riezebos, Iris Vis

Gepersonaliseerd leren geeft de leerling meer ruimte om zelf aan het roer te staan van het eigen leerproces en beslissingen te nemen over de behoefte aan onderwijs en ondersteuning, dat wil zeggen welk vak op welk moment in welke onderwijsvorm en in welk tempo wordt bestudeerd en getoetst. Invoering en realisatie van gepersonaliseerd leren kent belangrijke logistieke en organisatorische uitdagingen (los van de onderwijskundige en didactische uitdagingen). Vragen die opkomen luiden: hoe krijg je het georganiseerd met de huidige middelen, welke consequenties heeft het voor de behoeften aan en benodigde omvang van lokalen en studieruimtes en voor de inzet van leraren en het keuzegedrag van leerlingen?

In dit rapport lieten we aan de hand van eerste projectresultaten zien hoe kennis en ervaring vanuit lean en logistiek kunnen worden toegepast in de kernprocessen van het onderwijs. Met behulp van interviews en observaties is een eerste stap gemaakt in een conceptualisatie van lean voor kernonderwijsprocessen. Daarnaast zijn visualisatietechnieken en simulatie gebruikt als onderzoeksmethoden om het systeemontwerp, de procesorganisatie en effectiviteit van bepaalde besturingsregels binnen gepersonaliseerd leren te onderzoeken.

Onze belangrijkste conclusie is dat lean verrassend goed blijkt aan te sluiten bij de onderwijsvernieuwing die gepaard gaat met gepersonaliseerd leren. Een belangrijk academisch inzicht daarbij is dat we constateren dat dit een voor het logistieke vakgebied een relatief nieuw toepassingsgebied is, waardoor bestaande oplossingen die goed werken in andere toepassingsgebieden heroverwogen of verder ontwikkeld moeten worden om inzetbaar te zijn in de context van gepersonaliseerd leren. Hieronder geven we een overzicht van de verkregen inzichten en vragen voor vervolgonderzoek vanuit praktisch en academisch oogpunt voor elk van de projecten uit de hoofdstukken 2 tot en met 7.

8.1 Conceptualisatie van lean in het voortgezet onderwijs

8.1.1 Inzichten

De term lean wordt gebruikt om een op effectiviteit en flexibiliteit gerichte aanpak te duiden die gegrondvest is op twee pijlers: flow realiseren binnen processen en continu verbeteren van de organisatie. Een literatuurstudie in hoofdstuk 2 laat zien dat de literatuur over toepassingen van lean in onderwijsomgevingen zich met name richt op het hoger onderwijs en meer specifiek op de administratieve processen in dit soort omgevingen. In dit project hebben we een eerste stap gezet om lean conceptualisatie vorm te geven gericht op de kern van goed onderwijs, namelijk het verbeteren van het leerproces van de leerling. In deze studie staan de door het onderwijsveld benoemde cruciale elementen van gepersonaliseerd leren centraal, te weten de leerling, de leraar en coaching.

De conceptualisatiefase van lean voor de kernonderwijsprocessen begint bij het omschrijven wie de klant is en wat de waardetoevoeging is die de klant vraagt van de organisatie. Daarom staat in hoofdstuk 2 onder meer de vraag centraal of de leerling als klant of als product moet worden gezien in een leerproces. Om een antwoord op deze vraag te kunnen vinden is een uitgebreide set van interviews met lean experts afgenomen. Een belangrijke conclusie daarvan is om de leerling als klant te zien die zelf actief participeert in het tot stand brengen van de gewenste transformatie. Daarmee is de leerling en diens leerproces leidend in het bepalen welk onderwijs en welke ondersteuning vanuit de onderwijsorganisatie op welk moment nodig is om aan de klantvraag te kunnen voldoen.

Daarbij is het van belang om te gaan denken in termen van pull, vermijden van verspilling, flow en klantwaarde.

Sterk samenhangend met het introduceren van lean in kernonderwijsprocessen is een cultuur van 'continu verbeteren'. Dit geldt zowel voor het ontwerp van een nieuw systeem als voor het continu verbeteren van een reeds geïmplementeerd systeem. Hierbij staat een gezamenlijke aanpak voorop om met elkaar verbeterlagen te kunnen maken. Specifiek laten we in hoofdstuk 2 zien dat het gebruik van standaarden, dat wil zeggen gezamenlijke afspraken over de te hanteren werkwijze, bijvoorbeeld met betrekking tot coaching, feedback, et cetera, daarbij kan helpen.

Samenvattend heeft het onderzoeksproject zoals beschreven in hoofdstuk 2 duidelijk gemaakt dat lean ook inzetbaar is in de kernprocessen van onderwijs binnen het voortgezet onderwijs. Tegelijkertijd resteert een groot aantal vragen voor vervolgonderzoek.

8.1.2 Vervolgonderzoek

Zoals genoemd blijkt uit het onderzoek dat de leerling de klant is in het systeem van gepersonaliseerd leren. Maar wat betekent dit nu concreet voor de onderwijssituatie? De vertaalslag naar de procesorganisatie en vormen van coaching kan in vervolgonderzoek worden bestudeerd om zo helder te krijgen op welke manier informatie kan worden verzameld over wat de klant wil en op welke manieren aan deze klantvraag kan worden voldaan.

De conceptualisatie zoals gepresenteerd in hoofdstuk 2 zorgt voor een abstract begrip van de toepassing van lean in gepersonaliseerd onderwijs. Belangrijke vervolgstappen zijn om concreet te maken hoe zaken als flow, een pull benadering en vermijden van verspilling vorm kunnen krijgen. Een belangrijke vraag daarbij is: hoe kunnen concrete handvatten worden ontwikkeld zodat leraren handen en voeten aan het concept kunnen gaan geven?

Dit komt ook terug bij een definitie van de in 2.3 genoemde standaarden. Welke standaarden spelen daadwerkelijk een rol? Academisch onderzoek kan een duidelijke bijdrage leveren aan een definitie welke standaarden er zijn, wat bijbehorende concepten zijn en hoe keuzes voor bepaalde standaarden kunnen worden gemaakt. Door de verkregen inzichten vervolgens te vertalen naar bouwstenen die passen binnen beslissingsondersteunende systemen, kunnen scholen keuzes maken welke standaarden het beste passen binnen het eigen gekozen ontwerp van het gepersonaliseerd leersysteem. Een belangrijke randvoorwaarde daarbij is dat standaardisatie alleen effectief is om een verbetercultuur tot stand te brengen als de afspraken het mogelijk maken om data te verzamelen over de effectiviteit van de werkwijze en aan elkaar terug te koppelen of de afspraken helpen om het leerproces te verbeteren. Standaardisatie die op een onjuiste manier wordt uitgevoerd kan juist belemmeren om tot verbetering te komen.

8.2 Conceptualisatie van kwaliteitsmanagement volgens lean

8.2.1 Inzichten

In hoofdstuk 3 is een conceptueel model ontwikkeld waarin de vereisten voor een kwaliteitsmanagementsysteem in gepersonaliseerd onderwijs op basis van de lean filosofie zijn gedefinieerd. Enerzijds is voor verschillende school-gebonden termen een lean term gevonden. Voorbeelden hiervan zijn differentiatie - pull en coaching - aansturing op vermijden van verspilling. Andersom toont het conceptueel model aan dat door een verdieping in lean specifieke gebieden in kaart kunnen worden gebracht welke concepten nuttig kunnen zijn, die tot op heden in scholen nog niet worden toegepast.

Het hebben van een verbetercultuur, zoals ook al genoemd in de voorgaande paragraaf, hangt ook sterk samen met lean kwaliteitsmanagement. Het belang van een verbetercultuur wordt al lang in

het onderwijsveld onderkend. Maar vanuit lean kunnen nog belangrijke additionele accenten worden aangebracht. De resultaten van dit project laten zien dat niet alleen de leraren en ouders, maar juist ook de leerlingen betrokken kunnen worden in een dergelijke verbetercultuur. Daarnaast is draagvlak en een bottom-up benadering belangrijk voor het tot stand brengen van een dergelijke cultuur.

8.2.2 Vervolgonderzoek

Zoals benoemd in hoofdstuk 3 is een verdere validatie en generalisatie van het onderzoek nodig. Daarnaast zien we op basis van de hiervoor geformuleerde inzichten de volgende aanknopingspunten voor vervolgonderzoek.

Het conceptueel model voor lean kwaliteitsmanagement in gepersonaliseerd leren identificeert concepten als differentiatie, 'make-to-order', poka-yokes, etc. In vervolgonderzoek is het van belang om voor elk van deze concepten een nadere uitwerking te maken en relaties te leggen met gebruikte tools in het onderwijs, zoals bijvoorbeeld het logboek. Nu de eerste stap is gezet om een vertaalslag te maken van het onderwijs naar lean, kan binnen deze specifieke lean toepassingen verder onderzoek worden uitgevoerd. Vervolgens is het van belang om de uitkomsten weer te vertalen naar concrete processen en activiteiten voor kernonderwijsprocessen.

Hoofdstukken 2 en 3 laten zien dat coaching op verschillende niveaus nodig is. Dit blijkt zowel op basis van inzichten vanuit de theorie over de besturing van een proces als vanuit de observaties en interviews in het onderwijs en logistieke veld. Het onderzoek in hoofdstuk 3 laat zien dat coaching beschouwd kan worden als een manier om verspillingen te vermijden. De belangrijke vervolgvraag hierbij is dan: welke soorten van verspillingen kunnen worden benoemd? Antwoorden op deze vraag kunnen potentieel leiden tot meer en andere structuren in coachingsgesprekken. Een belangrijk doel van vervolgonderzoek kan zijn om op basis van lean filosofie handvatten voor de structuur van coachingsgesprekken te ontwerpen.

Coaching staat ook in directe verbinding met belangrijke regelfuncties in het proces om te zorgen dat aan de behoeften van de leerlingen tegemoet kan worden gekomen doordat onderwijs in de juiste modules en middels de gewenste werkvormen beschikbaar is op het moment dat de leerlingen dat wensen. Dit stelt o.a. specifieke eisen aan het leerlingvolgsysteem (zie hoofdstuk 3) en de werkzaamheden van de floormanager (zie hoofdstuk 4). Vervolgonderzoek (zie ook hoofdstukken 5 en 6) zal nodig zijn om tools te ontwikkelen die de betrokkenen kunnen helpen om de beschikbare informatie vanuit de coaching om te zetten in een globale planning voor de inzet van leraren, ruimtes en toetsingsmogelijkheden voor de komende week. Ook zal de administratieve last die gepaard gaat met de benodigde informatiestromen hanteerbaar moeten blijven, zowel voor de leerlingen als de ondersteunende organisatie.

8.3 Visualisatie van onderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren

8.3.1 Inzichten

Een belangrijke conclusie uit hoofdstuk 4 betreft de inzetbaarheid van procesvisualisaties om verspilling in de kernonderwijsprocessen op te sporen. Lean biedt een kader om na te denken over het realiseren van waarde door processen te beschrijven en met elkaar na te gaan of alle stappen en informatiestromen waarde genereren voor de klant. Value Stream Mapping en stroomdiagrammen blijken geschikte technieken om onderwijsprocessen te beschrijven. De workshops met onderwijsgeevenden en –managers laten zien dat het technieken zijn die helpen bij het nadenken over processen, het stimuleren van het stellen van vragen waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt en een goede basis vormen voor gesprekken over procesontwerp van gepersonaliseerd leren.

De studie laat zien dat het nodig is om goede keuzes te maken aangaande het te gebruiken abstractieniveau (wat neem je wel of niet mee) en aggregatieniveau (macro/micro). Maar omdat in onderwijsprocessen de waarde (leeropbrengst) niet enkel bepaald wordt door het doorlopen van modules, maar ook door de sociale interactie en de veiligheid van de omgeving waarin het leren plaats vindt (zie hoofdstuk 3) bieden de procesvisualisaties slechts een beperkt beeld van het totale proces van waarde toevoeging dat plaats heeft.

Het onderzoek laat zien dat een 'floormanager' een belangrijke rol heeft in de dagelijkse aansturing van kernonderwijsprocessen in gepersonaliseerd leren. Op basis van beschikbare informatie neemt de floormanager beslissingen zoals welke les door welke leraar aan welke groep in welk lokaal wordt gegeven. De rol van informatie is hierbij van groot belang.

8.3.2 Vervolgonderzoek

In het huidige onderzoek zijn zowel de huidige als de gewenste nieuwe situatie in beeld gebracht. Op dit moment is nog geen verder onderzoek gedaan naar hoe de overgang van de huidige naar de nieuwe situatie kan worden gemaakt. De vraag hierbij is ook of dit nodig is. Gegeven dat er sprake is van een nieuw systeem kan ook worden gekozen om direct het nieuwe systeem verder te analyseren en op zoek te gaan naar welke verbeteringen mogelijk zijn binnen het gekozen ontwerp van gepersonaliseerd leren. Het benoemen van (non) value-added time in de huidige schema's kan daarbij behulpzaam zijn om zo in kaart te brengen waar verbeteringen mogelijk zijn. Een belangrijke bijbehorende vraag is op welke manier kan worden gemeten of daadwerkelijk verbeteringen in de leeropbrengst worden behaald.

Uit de VSMs van de nieuwe situatie blijkt duidelijk dat procesaansturing een grote rol speelt. Nog niet beantwoorde vragen zijn: welke informatiestromen horen daarbij? Welke besturingsregels kunnen worden ingezet (zie ook hoofdstukken 5 en 6)? En is er daadwerkelijk sprake van een autonoom proces zoals nu geschetst? Vervolgonderzoek zal ook nodig zijn om na te gaan of de bestaande procesvisualisaties uitgebreid kunnen worden om de sociale dimensies van een leeromgeving mee te nemen in de beschrijving en analyse van verspillingen die op kunnen treden.

Een laatste belangrijk onderwerp in deze onderzoekslijn is het geven van een nadere uitwerking van de functie van een floormanager. Specifieke vragen daarbij zijn: wat of wie is dat? Is het een virtuele of fysieke functie? Welke rollen en taken horen bij het profiel van een floormanager? En welke besturingsconcepten en informatie zijn nodig om de taken van een floormanager uit te voeren.

8.4 Ontwerp besturingsregels en simulatie

8.4.1 Inzichten

In hoofdstuk 5 laten we zien dat simulatie een geschikt onderzoeksinstrument is om zichtbaar te maken wat de prestaties kunnen zijn van aanpassingen in een bestaand onderwijsconcept en/of verschillende alternatieven te toetsen voor het ontwerp van een gepersonaliseerd leersysteem. Zo kunnen we met simulatie bijvoorbeeld laten zien wat bezettingsgraden van leraren en lokalen zijn en de tijdsduur die een leerling nodig heeft om een module af te ronden.

In hoofdstuk 5 geven we een overzicht van inzichten van de studies met een 'basis simulatiemodel'. Deze inzichten vormen belangrijke bouwstenen voor verder onderzoek en schetsen welke aspecten tijdens de ontwerpfase van een gepersonaliseerd leersysteem een belangrijke rol spelen, gegeven hun relatie met de prestatie van het systeem. Voor een volledige beschrijving verwijzen we naar hoofdstuk 5. In samenvatting: 1) de gekozen structuur van vakken heeft grote invloed op de voortgang van leerlingen in vakken en bezettingsgraden van leraren, 2) het rooster heeft een effect op de prestaties van het systeem, 3) de keuze voor een leerling- of leraar-gedreven systeem hangt samen met lean en bepaalt de formulering van besturingsregels, 4) het vooruitkijken bij het maken

van groepen van leerlingen en het kiezen voor dynamisch batchen kan potentieel bijdragen aan het verhogen van de efficiëntie en effectiviteit van het systeem, 5) flexibiliteit in de volgorde waarin modules worden doorlopen kan bijdragen aan een verhoging van de efficiëntie en effectiviteit, en 6) de cohortgrootte heeft een invloed op de prestaties van het systeem.

Zoals in hoofdstuk 3 beschreven maakt gepersonaliseerd leren differentiatie mogelijk die overeenkomt met een 'make-to-order' productiesysteem zoals we dat in productiebedrijven aantreffen. In een dergelijk systeem produceer je niet volgens een vast jaarplan, maar voer je bewerkingen uit aan de orders die op dat moment op de werkvloer circuleren. Welke bewerking wordt bepaald door de behoeften van betreffende orders, zoals vastgelegd in een orderspecificatie die voor elke order weer anders is. Groepering van orders die daarbij plaats kan vinden in het productieproces wordt batching genoemd. In hoofdstuk 6 wordt een nieuwe techniek ontwikkeld om flexibel op basis van real-time informatie groepen van leerlingen te vormen die gezamenlijk een stuk van de leerstof van een vak in een les krijgen aangeboden. Studies met deze nieuwe regel laten zien dat de groepsomvang een direct effect heeft op het moment waarop een volgende les voor een bepaalde module wordt aangeboden, wachttijden van leerlingen en het tempo waarin leerlingen een bepaalde module afronden. Ook de inzet van leraren en ruimtes is zo inzichtelijk te maken.

We constateren dat het belangrijk is om een goede balans te vinden tussen het invoeren van vaste groepen voor sociale cohesie (onderwijsfamilies, zie hoofdstuk 2) en flexibele groepen (hoofdstuk 6) om aan te sluiten bij de concrete onderwijsbehoeften van individuele leerlingen. In hoofdstuk 7 geven we een eerste beeld bij de manier waarop gedrag van leerlingen een rol speelt bij het formuleren van de 'klantvraag' en welke factoren een rol spelen bij het keuzegedrag. Op basis van interviews en observaties zijn de eerste kwalitatieve inzichten verkregen.

8.4.2 Verder onderzoek

Simulatie kan, naast het analyseren van mogelijke alternatieven voor het ontwerp van gepersonaliseerd leersystemen, worden gebruikt om de effectiviteit en efficiëntie van nieuwe hulpmiddelen en beslisregels te onderzoeken. Vervolgens kunnen de uitkomsten van de simulatiestudies worden vertaald naar school-specifieke inzichten.

Op het gebied van toolontwikkeling om de uitvoering van gepersonaliseerd onderwijs te ondersteunen is uitgebreid vervolgonderzoek nodig. Veel van de bestaande lean hulpmiddelen, zoals poka-yokes, Kanbans, Quality Control, etc. (zie hoofdstuk 3) zijn niet direct inzetbaar in de context van gepersonaliseerd onderwijs. Ook de planningsmethoden en regels die in productiebedrijven gebruikt worden voor 'make-to-order' omgevingen en pull systemen dienen aangepast te worden omdat de differentiatie in gepersonaliseerd onderwijs vaak anders van karakter is.

In gepersonaliseerd leren is de leerling veel meer eigenaar van het eigen leerproces. Het vergt aanpassing van de bestaande instrumenten om dat eigenaarschap zichtbaar te maken en te faciliteren, terwijl tegelijkertijd de mogelijk negatieve gevolgen van bepaalde keuzes zichtbaar moeten worden gemaakt om gedrag te kunnen beïnvloeden. Bij het ontwerp van nieuwe besturingsregels, is het dan ook noodzakelijk om de vraag 'wie staat er aan het stuur?' bij de aansturing van processen, als eerste te beantwoorden.

Ook het gedrag van de leerlingen en de wijze waarop hierop geanticipeerd kan worden zijn onderwerpen voor vervolgonderzoek. Want uit de observaties en interviews aangaande het keuzegedrag van de leerlingen (zie hoofdstuk 7) komt duidelijk naar voren dat leerlingen hun keuzes laten afhangen van diverse factoren. Door middel van data-analyses zal een verdere kwantitatieve onderbouwing van keuzefactoren kunnen worden gegeven. De nu gevonden factoren spelen in productieomgevingen nauwelijks een rol. In bestaande beslisregels worden deze factoren daarom

niet meegenomen en om die reden is verder onderzoek nodig. Denk hierbij aan de invloed van vrienden op het keuzegedrag van een leerling, voorkeuren voor leraren of tijden waarop het vak wordt gevolgd, de gepercipieerde moeilijkheidsgraad van een vak en de planning van de toets.

9. Bronnenlijst

- Dam, J. M. (2016). *Conceptualising Lean in Secondary Education: What is the Pupil in Personalised Learning?* Groningen.
- Dumitrescu, D. (2012). *Road Trip to Innovation: How I Came to Understand Future Thinking*. Londen: Vivays.
- Hahn, J. M. (2016). *Flexible batching in personalized learning: a newly developed tool for secondary education*. Groningen.
- LeanInfo. (2015). *LeanInfo | Flowchart/Stroomdiagram - Een stroomdiagram of flowchart maakt een proces inzichtelijk!* Opgehaald van <http://www.leaninfo.nl/stroomdiagram>
- Lockyer, K., & Gordon, J. (1996). *Project Management and Project Network Techniques*. Londen: Pitman Publishing.
- Martin, K., & Osterling, M. (2013). *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*. New York: McGraw-Hill.
- Onderwijsraad. (2013). *Meer kansen voor kwetsbare jongeren (volledig)*. Opgehaald van <https://www.onderwijsraad.nl/publicaties/2013/meer-kansen-voor-kwetsbare-jongeren/volledig/item7059>
- Onderwijsraad. (2015). *Flexibilisering eindtoetsing in primair en voortgezet onderwijs*. Opgehaald van <https://www.onderwijsraad.nl/actueel/lopende-adviestrajecten/flexibilisering-eindtoetsing-in-primair-en-voortgezet-onderwijs/item7231>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean for Dummies*. Hoboken: Wiley Publishing, Inc.
- UNESCO. (2012). *Core Processes | Education | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Opgehaald van <http://www.unesco.org/new/en/education/themes/strengthening-education-systems/quality-framework/core-processes/>
- Vermeulen, R. H. (2016). *Lean Tailored Quality Management: Defining the requirements of a quality management system in personalized learning*. Groningen.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.
- Zo.Leer.Ik! (2014). *Conceptplan Zo.Leer.Ik!* Opgehaald van <http://conceptzoleerik.blogspot.nl>

10. Contactinformatie onderzoeksteam

Prof. dr. Iris F.A. Vis

Projectleider onderzoeksproject "Lean in het voortgezet onderwijs"

Hoogleraar Industrial Engineering

Rijksuniversiteit Groningen

Faculteit Economie en Bedrijfskunde

Vakgroep Operations

Postbus 800

9700 AV Groningen

i.f.a.vis@rug.nl

050-3637491

Drs. Wim C.M. Kokx

Voorzitter stuurgroep scholennetwerk Zo.Leer.Ik!

Directeur-bestuurder

Openbare Scholengroep Vlaardingen Schiedam

Postbus 6040

3130 DA Vlaardingen

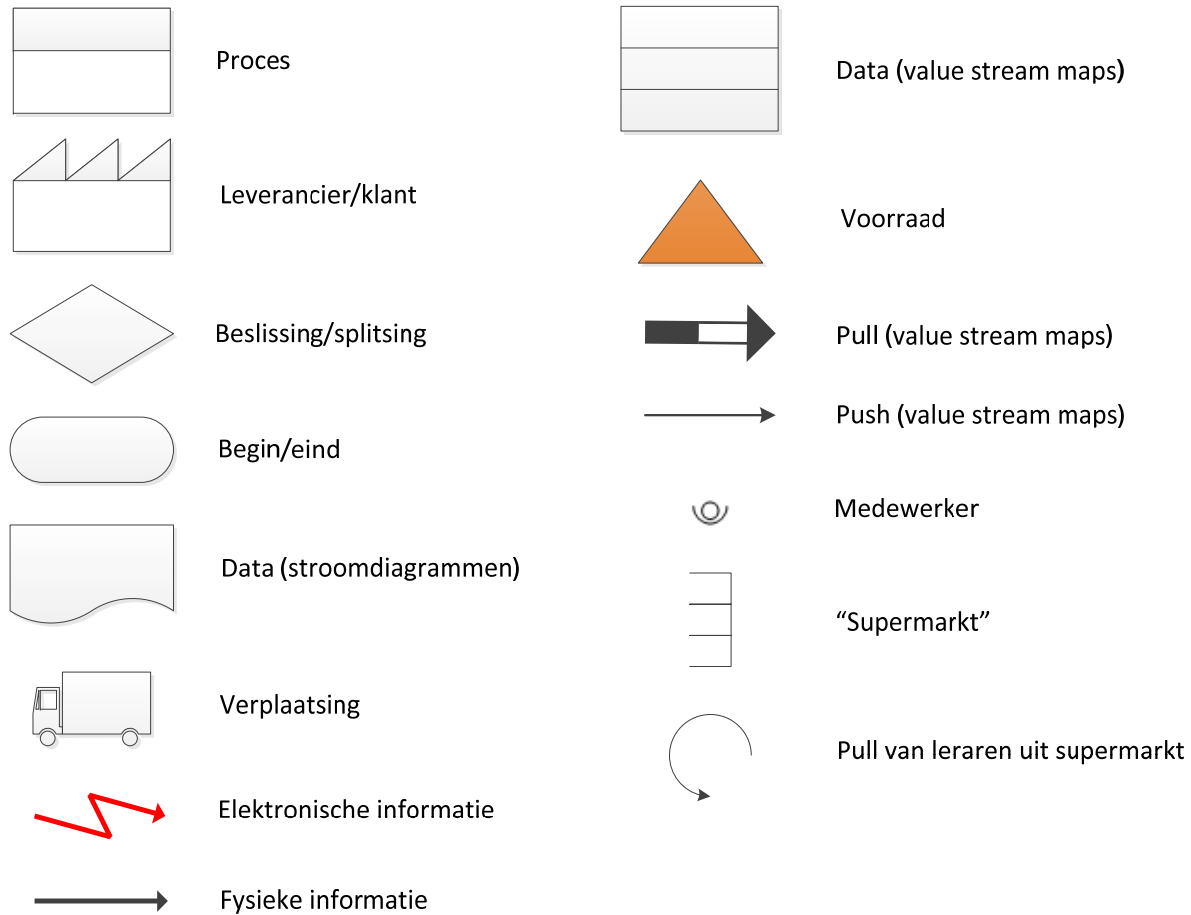
kokx@osvs.nl

010-850 35 50

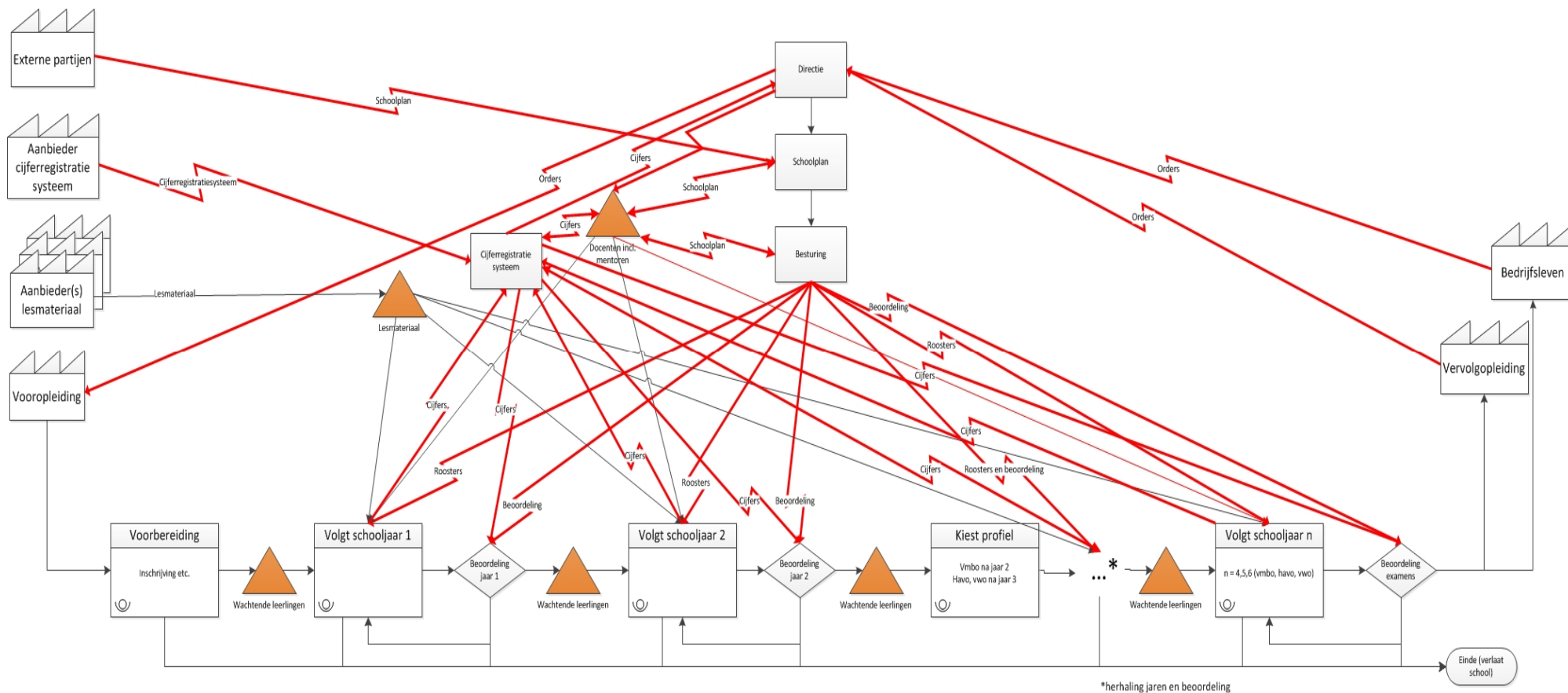
11. Bijlagen

Bijlage A: Visualisatie

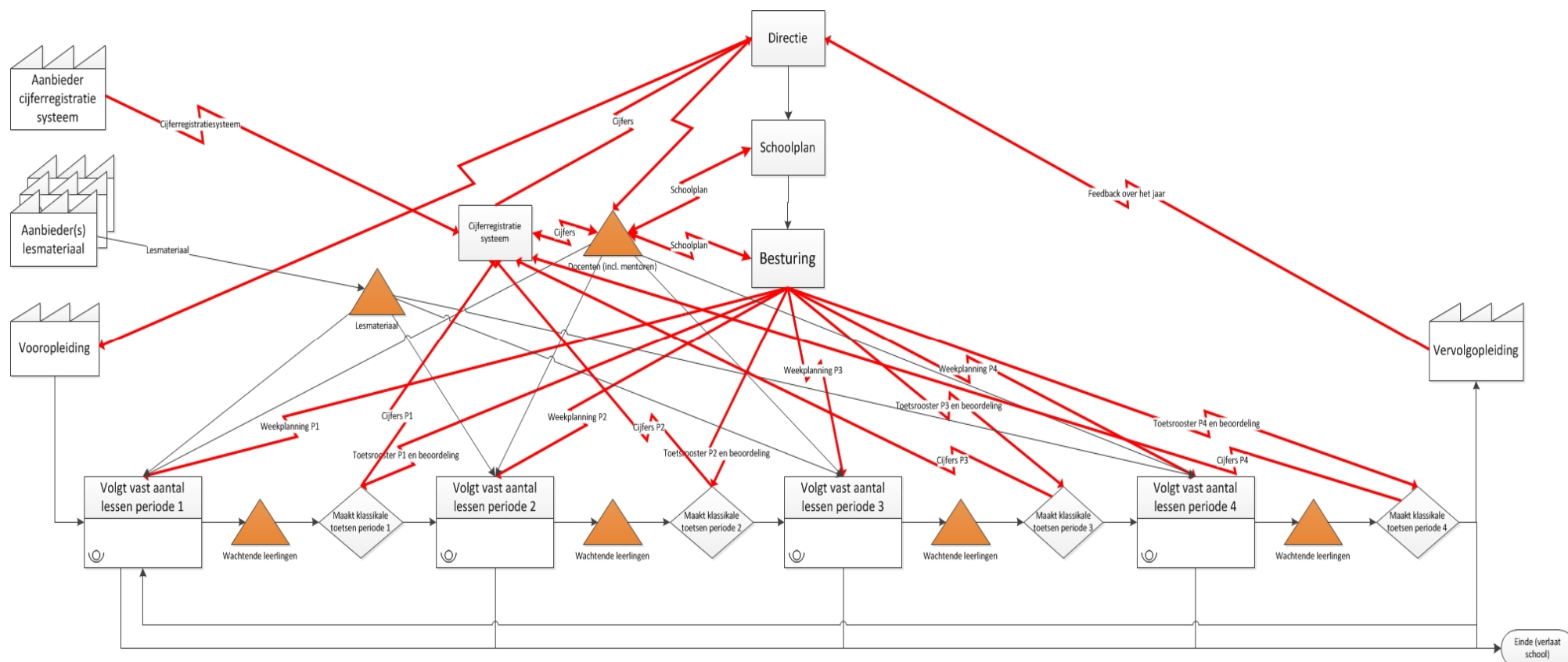
Bijlage A.1: VSM legenda



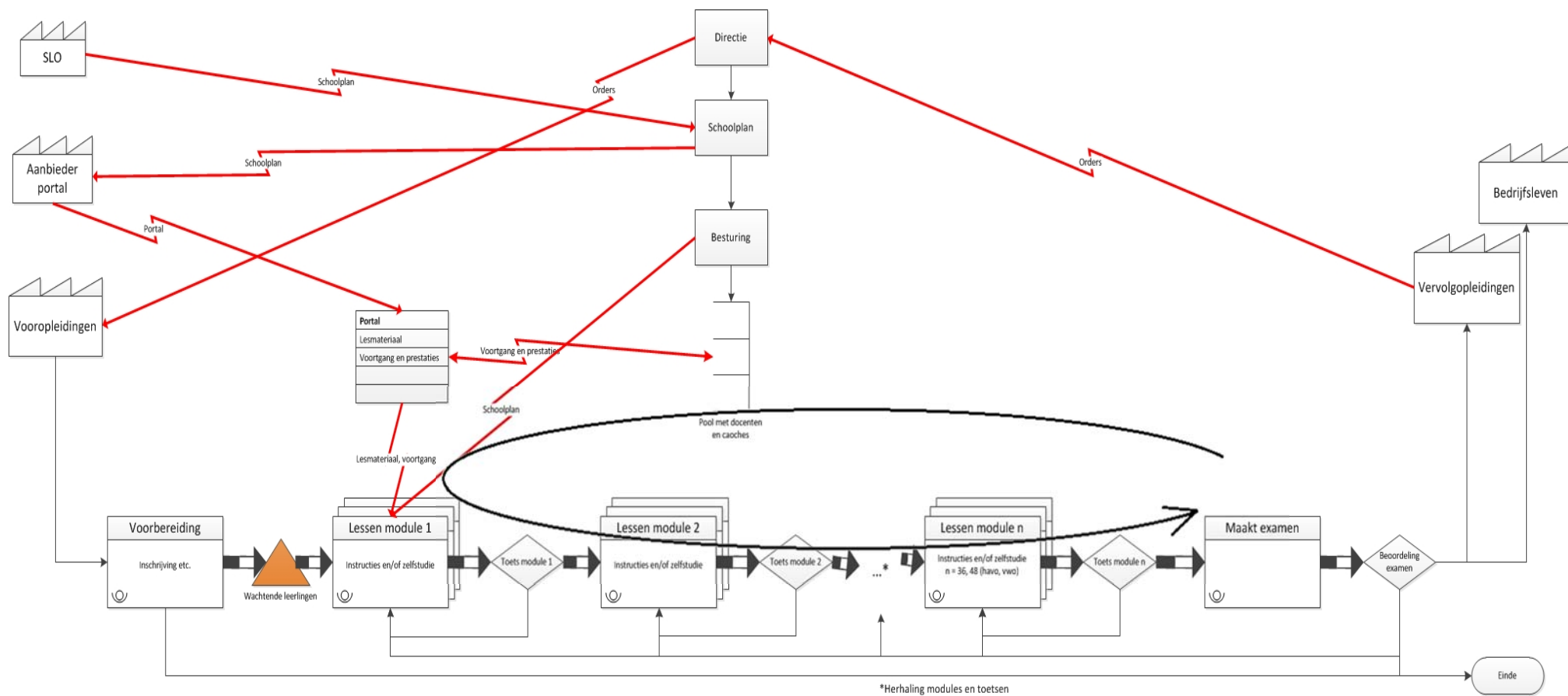
Bijlage A.2: VSM huidige situatie hele schoolperiode



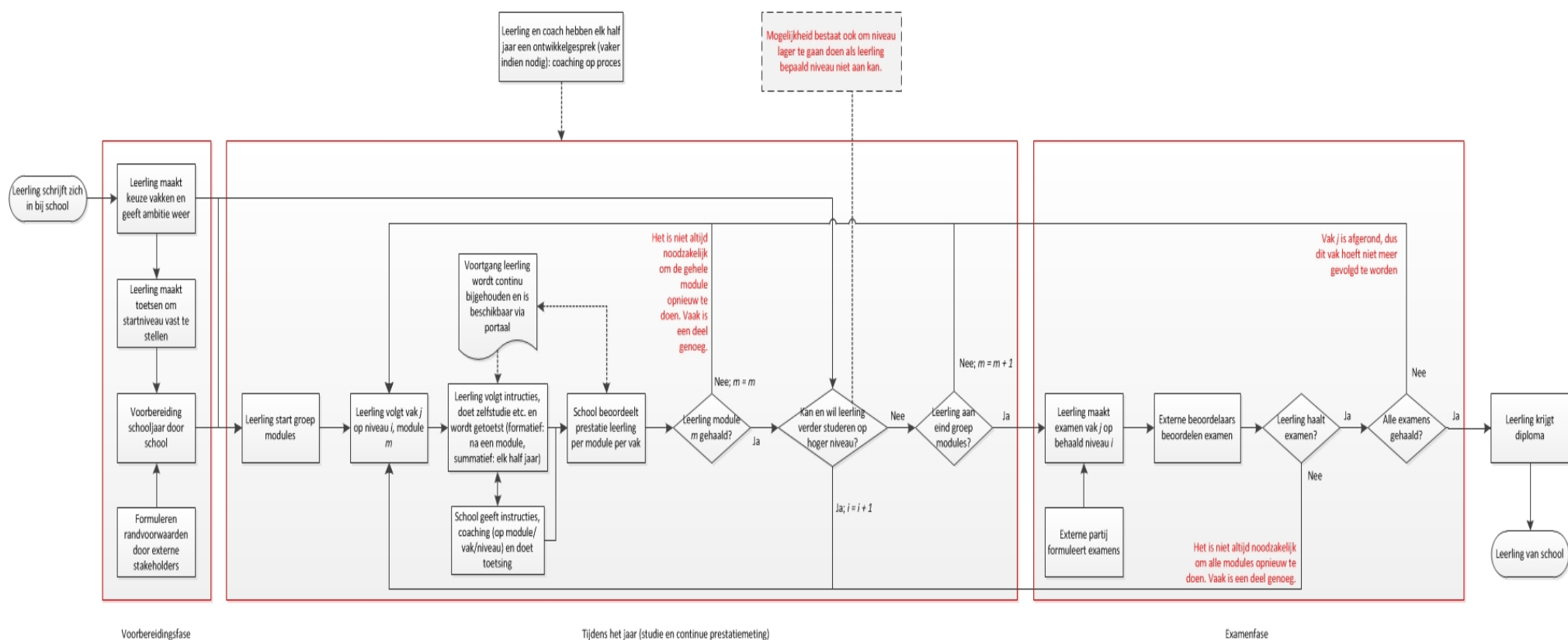
Bijlage A.3: VSM huidige situatie één schooljaar



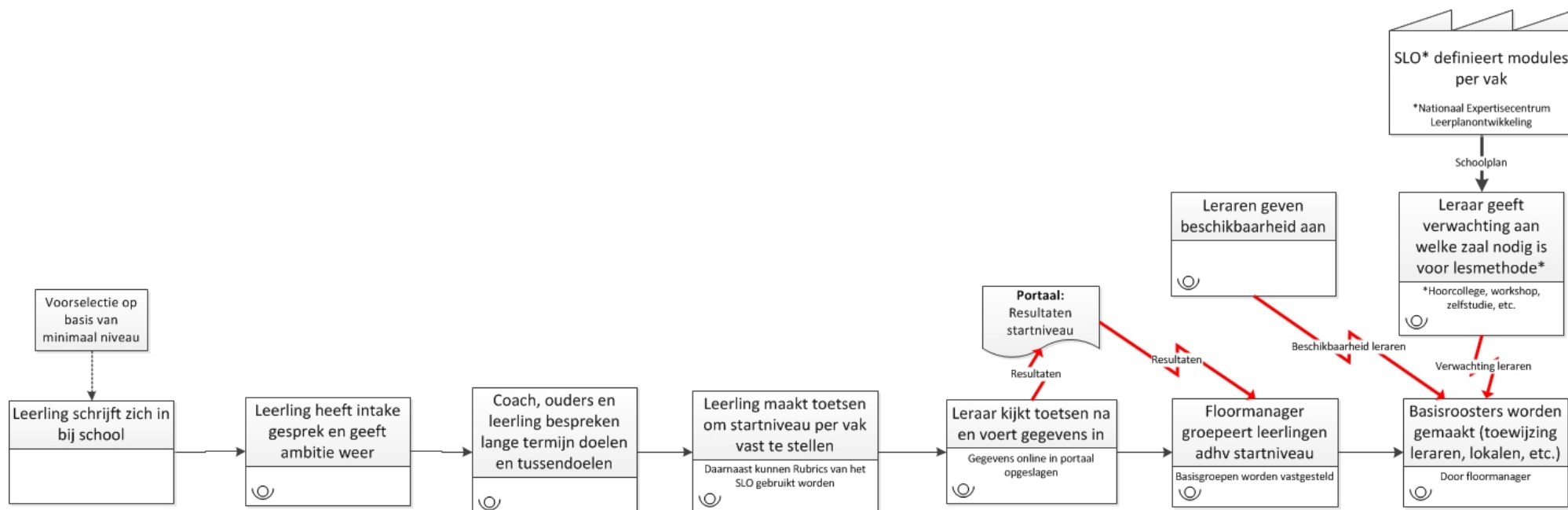
Bijlage A.4: VSM 'Zo.Leer.Ik!'-situatie hele schoolperiode



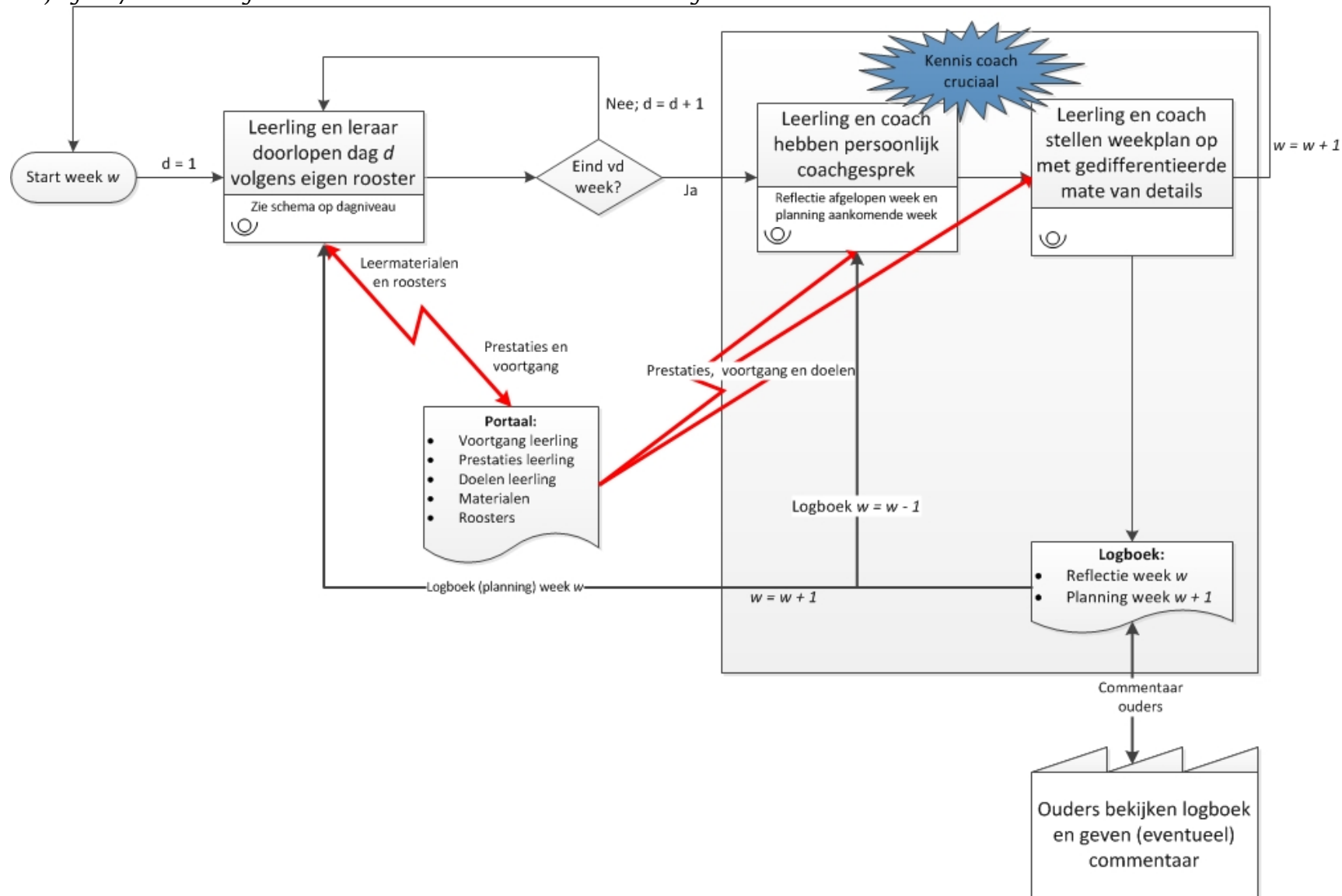
Bijlage A.5: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie macroniveau



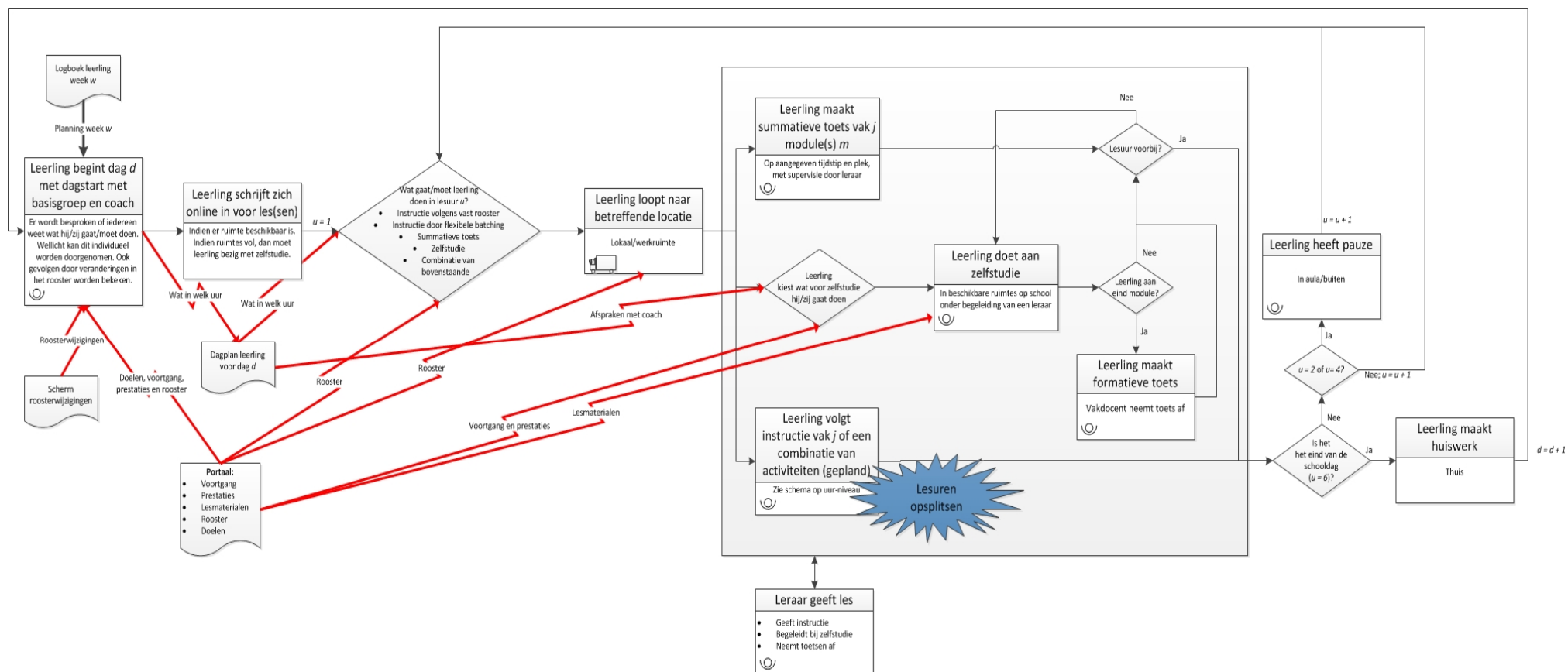
Bijlage A.6: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie voorbereidingsfase



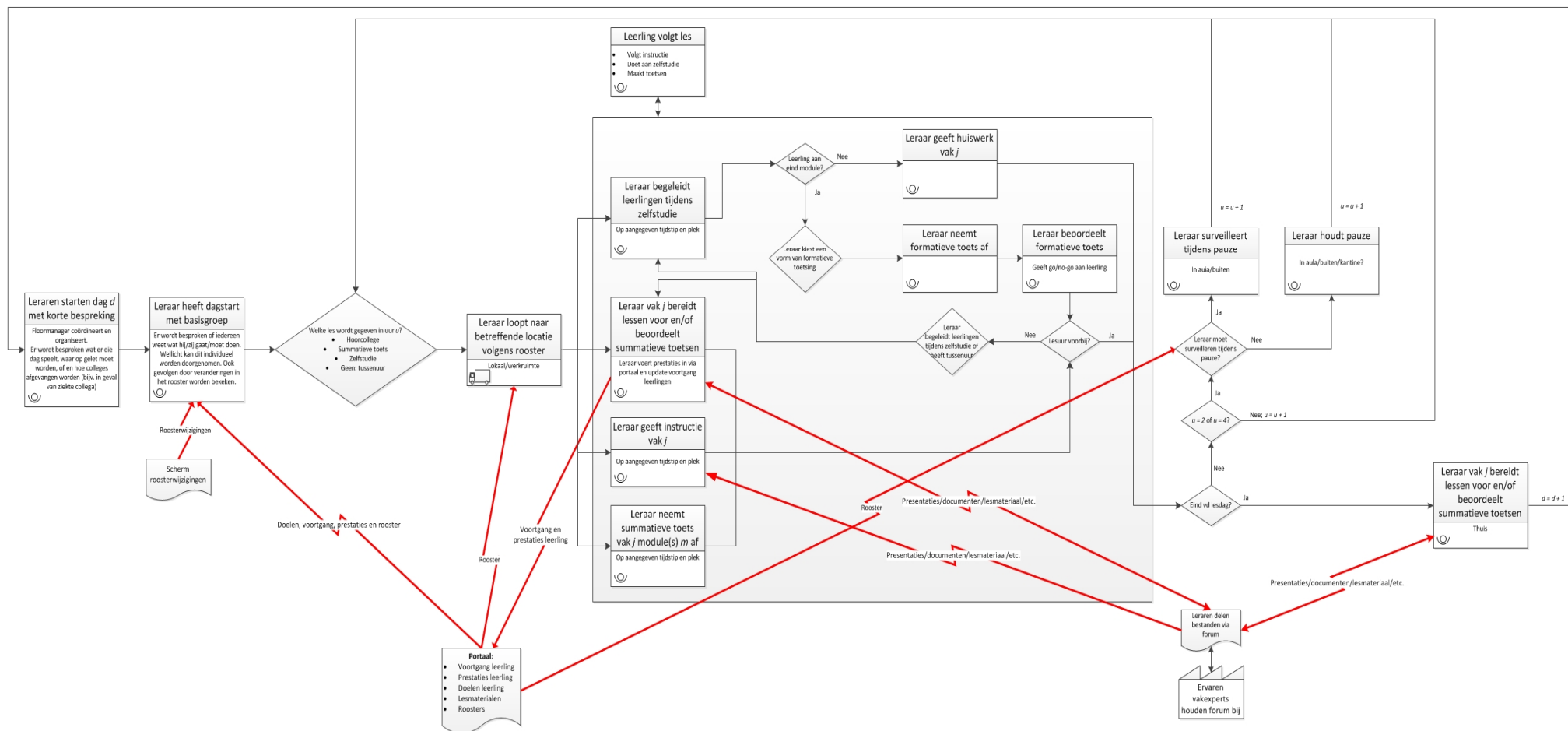
Bijlage A.7: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie week van een leerling



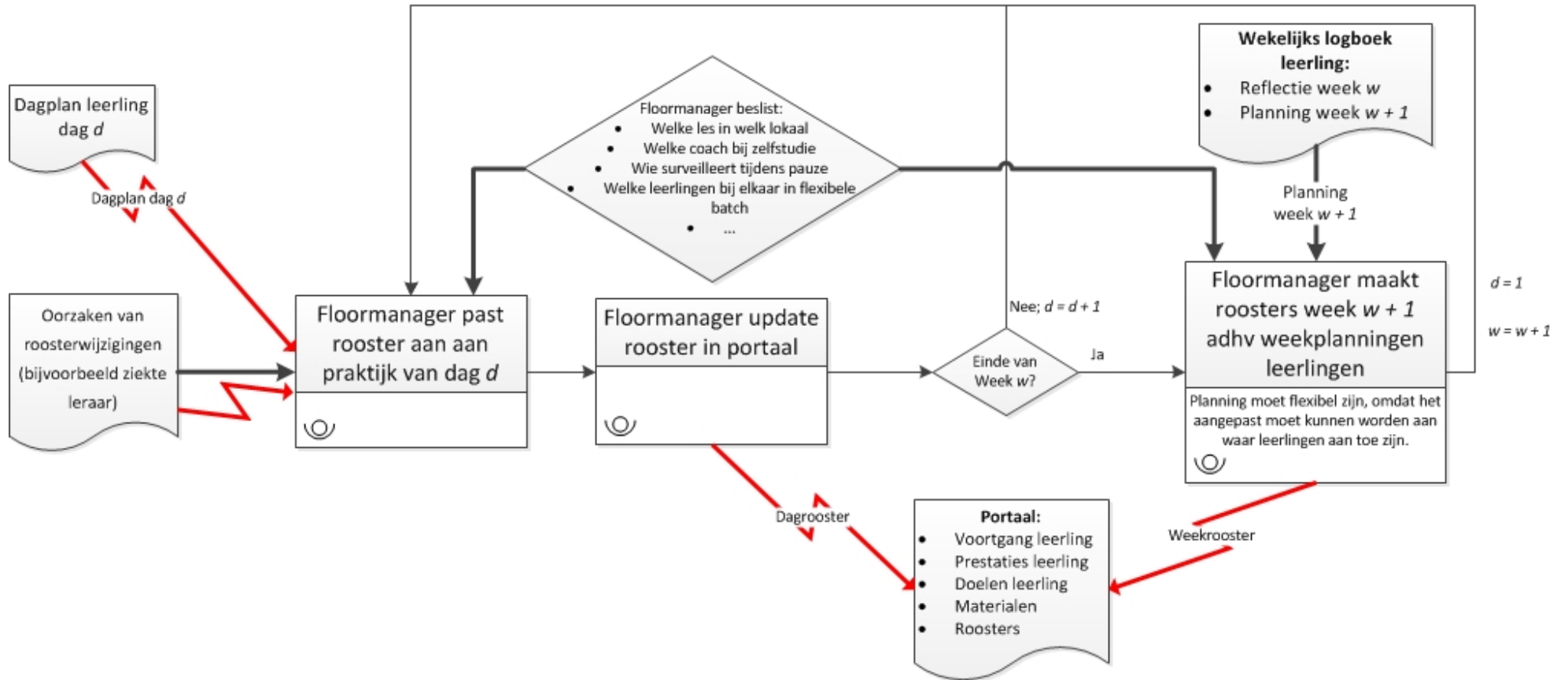
Bijlage A.8: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie dag van een leerling



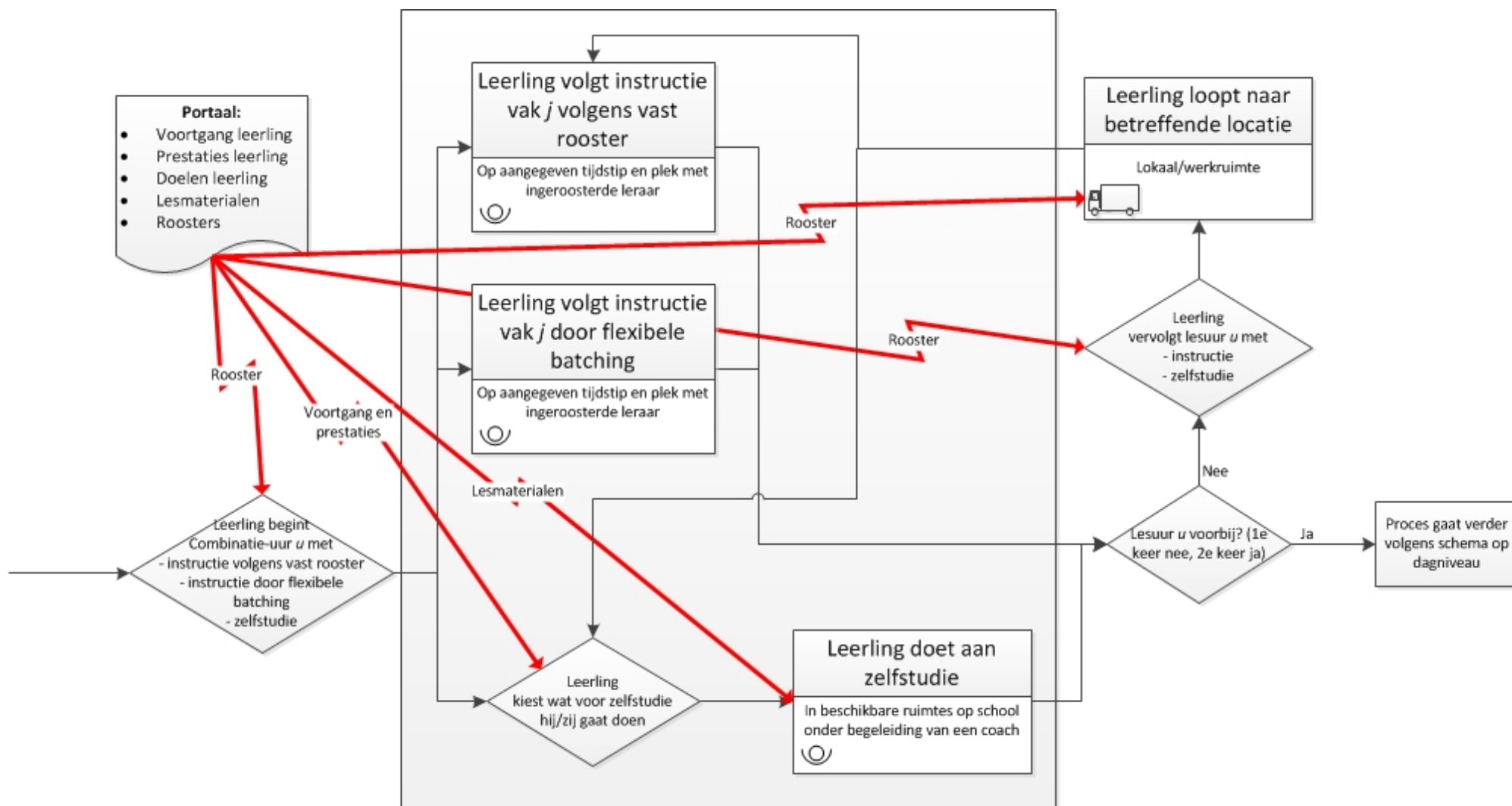
Bijlage A.9: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie dag van een leraar



Bijlage A.10: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie proces floormanager

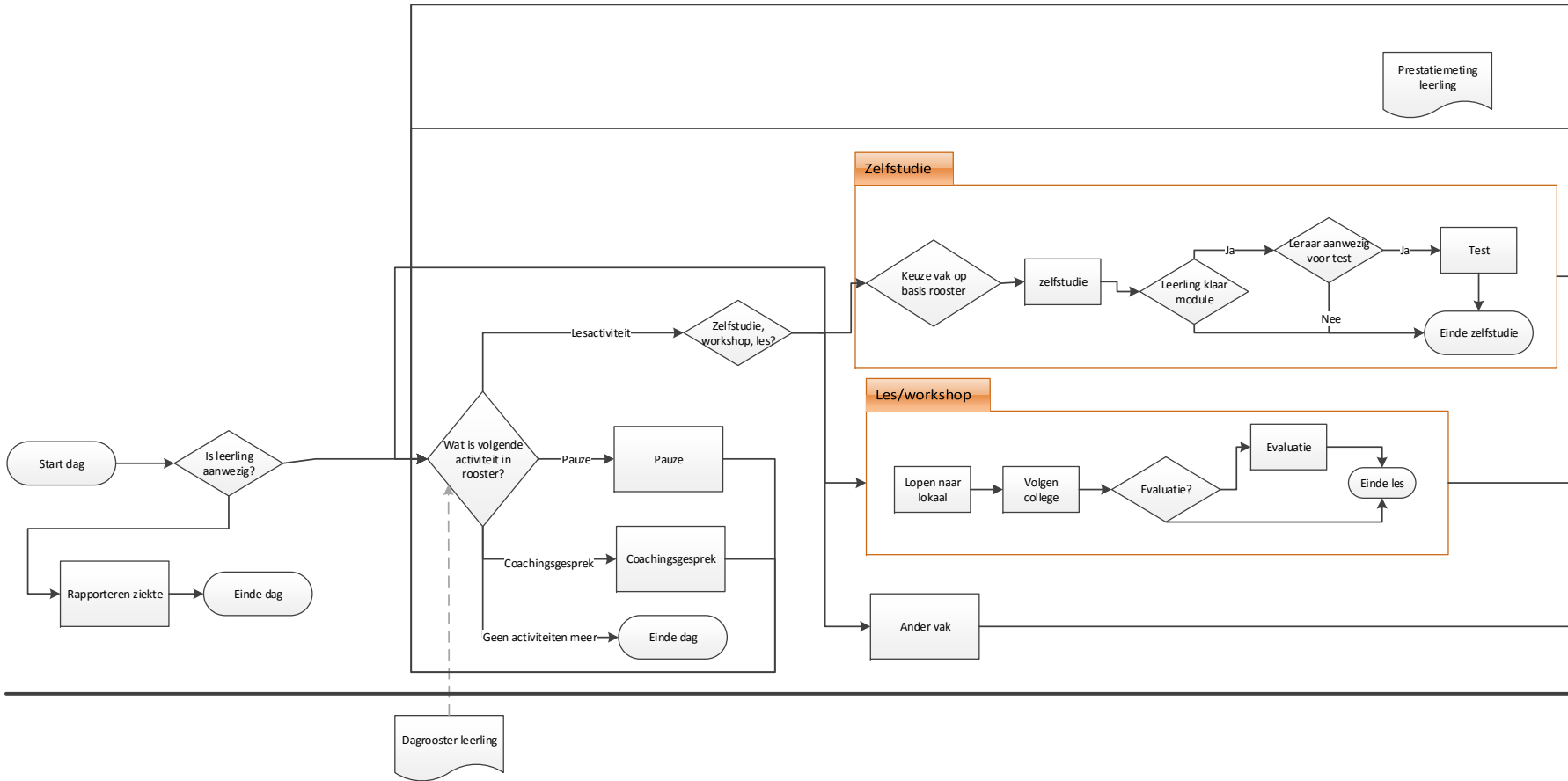


Bijlage A.11: Stroomdiagram 'Zo.Leer.Ik!'-situatie combinatie-uur

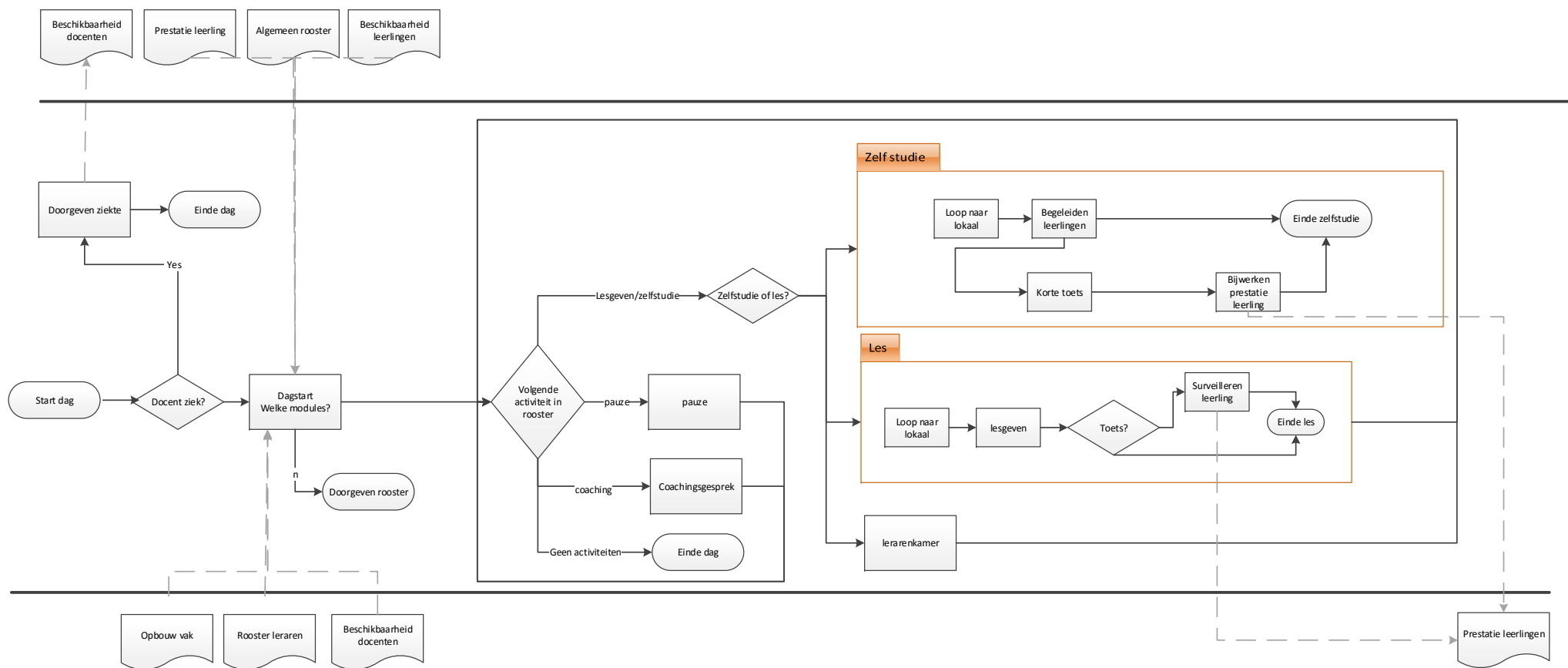


Bijlage B: Simulatie

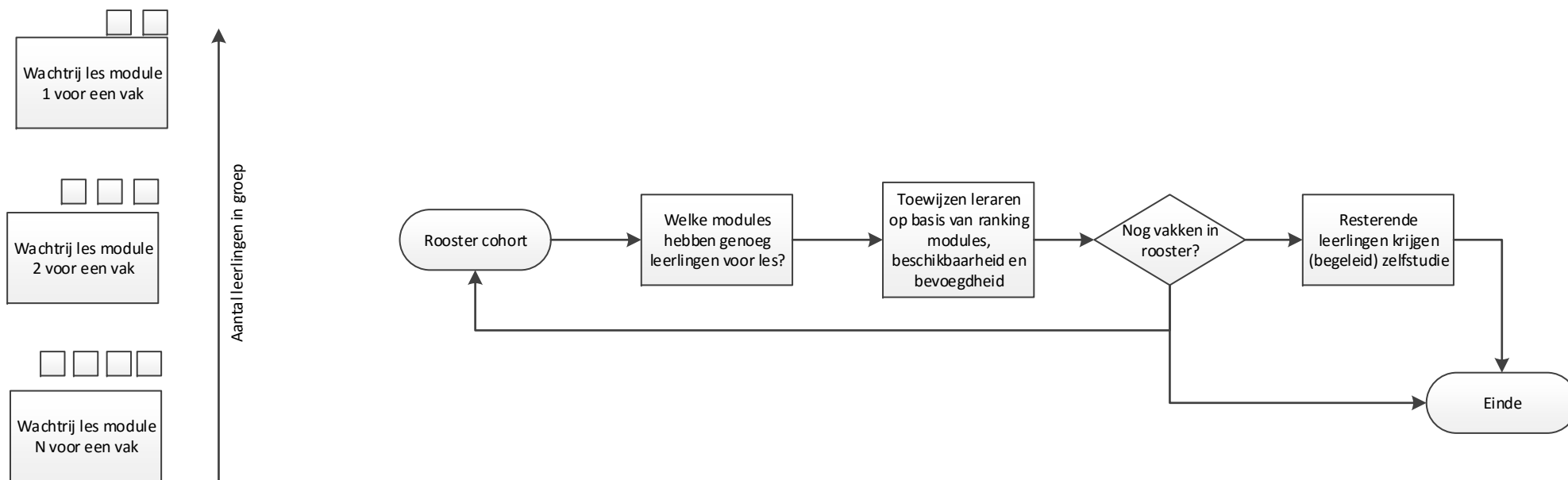
Bijlage B.1: Conceptueel model 'dag van een leerling'



Bijlage B.2: Conceptueel model 'dag van een leraar'



Bijlage B.3: Conceptueel model 'flexibele groepsvorming en rooster'



Bijlage C: Beslisregel voor flexibel batchen

Bijlage C.1: Totale stroomschema nieuwe tool

