

Adviesrapport

Verhogen van de betrouwbaarheid
van de engineeringsplanningen



Opdrachtgever: AWL-Techniek
Adres: Nobelstraat 37
3846 CE Harderwijk

Onderwijsinstelling: Hogeschool Windesheim
Auteur: Jeroen Kamphuis



Versie	Datum	Verandering	Status
0.1	8 mei 2018	Opzet document	Concept
0.2	7 juni 2018	Inleiding, opdracht, wijze van onderzoek toegevoegd	Concept voor feedback
0.3	26 juni 2018	Huidige situatie en analyse toegevoegd	Concept voor feedback
1.0	5 juli 2018	Tegenmaatregelen en conclusie	Definitief

Adviesrapport

Verhogen van de betrouwbaarheid van de engineeringsplanningen

Harderwijk, juli 2018

Vanwege de vertrouwelijke aard zijn delen in deze publicatieversie, waaronder naamsvermeldingen en bijlages, verwijderd.



Opdrachtgever
AWL-Techniek B.V.

Nobelstraat 37
3846 CE Harderwijk
+31 3 41 41 18 11
www.awl.nl

Bedrijfsbegeleider
[vanwege de vertrouwelijke
aard verwijderd]

Bedrijfsbegeleider
[vanwege de vertrouwelijke
aard verwijderd]

Onderwijsinstelling
Windesheim Zwolle

Campus 2-6
8017 CA Zwolle
0900-8899
www.windesheim.nl

1e docent begeleider
[vanwege de vertrouwelijke
aard verwijderd]

2e docent begeleider
[vanwege de vertrouwelijke
aard verwijderd]

Auteur
Jeroen Kamphuis
Student Technische
Bedrijfskunde
jeroen@jeroenkamphuis.com

Voorwoord

Voor u ligt het adviesrapport 'Verhogen van de betrouwbaarheid van de engineeringsplanningen.' Dit verslag is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Technische Bedrijfskunde aan Hogeschool Windesheim en in opdracht van stagebedrijf AWL Techniek. Van maart 2018 tot juli 2018 ben ik bezig geweest met dit onderzoek.

Samen met mijn stagebegeleiders, heb ik de onderzoeksvraag voor dit onderzoek bedacht. Het onderzoek dat ik heb uitgevoerd was complex. Na uitvoerig kwantitatief en kwalitatief onderzoek heb ik de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden. Tijdens dit onderzoek stonden mijn stagebegeleiders en mijn begeleiders vanuit mijn opleiding altijd voor mij klaar. Zij hebben steeds mijn vragen beantwoord waardoor ik verder kon met mijn onderzoek. Dank hiervoor.

Bij deze bedank ik graag mijn begeleiders voor de fijne begeleiding en hun ondersteuning tijdens dit traject. Tevens wil ik mijn collega's bij AWL Techniek graag bedanken voor de fijne samenwerking. Ik heb vaak met hen op effectieve wijze kunnen sparren over mijn onderzoek.

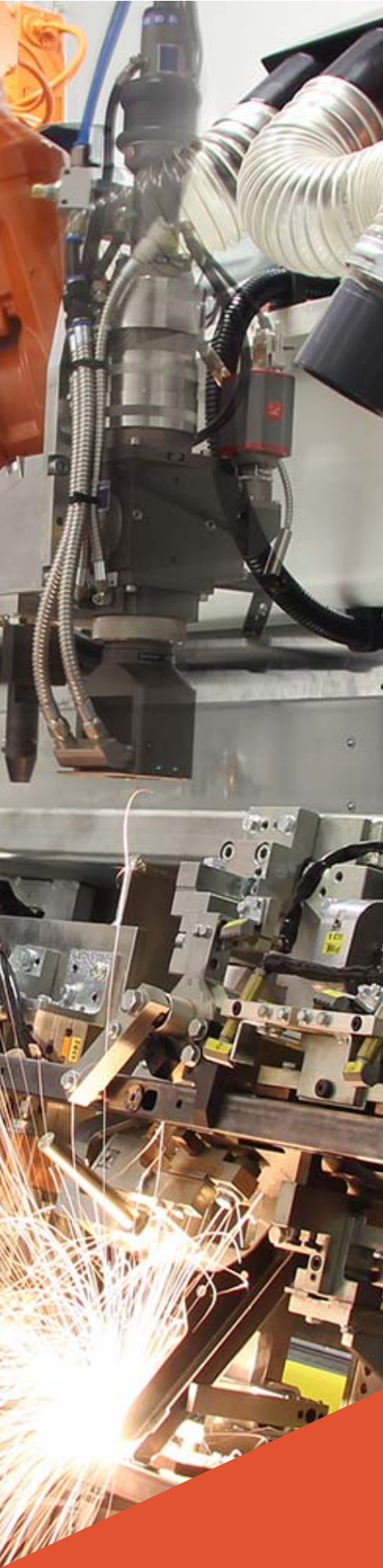
Veel leesplezier,
Jeroen Kamphuis

Inhoudsopgave

Voorwoord	III
Summary	VI
Samenvatting	VII
1. Inleiding	8
1.1 Onderwijskader	8
1.2 Organisatie	8
1.3 Initiële vraag	9
1.4 Leeswijzer	9
2. Opdracht	10
2.1 Context	10
2.2 Aanleiding	10
2.3 Projectkader	10
2.4 Doelstelling van het onderzoek	11
2.5 Centrale vraag	11
2.6 Randvoorwaarden	11
2.7 Afbakeningen	11
3. Wijze van onderzoek	12
3.1 Theoretisch kader	12
3.2 Conceptueel model	16
3.3 Onderzoeksmodel	18
3.4 Onderzoeksmethoden	19
4. Huidige situatie	20
4.1 Planningsproces	20
4.2 Engineeringsproces	22
4.3 Betrouwbaarheid Engineering	22
5. Probleemanalyse	24
5.1 Knelpunten	24
5.2 Projectproces	26
5.3 Workload	27
5.4 Releases Engineering	28
5.5 Wijzigingen	29
5.6 Doorlooptijd	30
5.7 Vraagparameters	32
5.8 Productgroepen	33
5.9 Oorzaken	34
5.10 Conclusie	35



Afbeelding 1. AWL Harderwijk.
Overgenomen uit "Marcom" van AWL, z.d. a
(<http://brains/orchard/marcom>).



6. Tegenmaatregelen	36
6.1 Programma van eisen	36
6.2 Ontwerpproces	36
6.3 Tegenmaatregelen voor problemen door lange doorlooptijden	38
6.3 Tegenmaatregelen voor plan- en control-problemen	44
6.4 Afweging en advies	46
6.2 Conclusie	46
7. Implementatie	48
7.1 Implementatieproces	48
7.2 Implementatieplanning	49
7.3 Synchronisatie Strategisch Programma	49
8. Conclusie	50
8.1 Conclusie	50
8.2 Aanbevelingen	52
9. Verklarende woordenlijst	54
10. Afkortingen	59
11. Literatuur	60

Summary

The automotive industry is characterized by indistinct changing demand specifications, this can be seen by AWL in canceled projects, changes during engineering, startups of projects with incomplete information and the assumptions made to win time. The organization of AWL is not equipped to deal with variation. Variation is always buffered by stock, capacity, time or a combination of these. At AWL, this effect can be seen in the long 75-day lead times for Engineering and the large number of ongoing projects.

This research answers the question: *How can AWL increase the reliability of its operational engineering plans by 10% within 6 months?* Research of the current situation shows that 74.4% of the milestones within the engineering process are on time .

The long lead times, 100% occupancy rate and variation complicate the process of making a reliable planning.

The long lead times and large amount of ongoing projects are negatively influenced by the focus on a 100% occupancy rate, the sales-driven organization and the many interaction and transfer moments between the departments. Communication within the project teams is hampered by project members working on the project at different locations.

In addition, the use of multiple planning and control documents results in insufficient insight into the progress of a project and the impact on the planning of new and modified projects is not visible.

Variation can be strategically exploited by creating Quick Response Office Cells and Focused Target Market Segments. These multifunctional, co-located cells are responsible for all activities that belong to a market segment. This solution has increased the reliability of on-time delivery by

31.4% for comparable organizations (Francisco Tubino en Rajan Suri, 2000).

A 100% occupancy rate ensures low capacity costs, but lead times and indirect costs, including coordination and delay costs, increase exponentially. There is a trade-off between a high occupancy rate and low lead times. With the current method and variation, the advice is to plan a maximum occupancy rate of 85%. This results in a time reduction of 48%.

Reducing the amount of projects in progress reduces lead times and makes problems more visible. The use of a Gate Keepers, prevents the start of projects when there is no capacity or the necessary basic data are not available. This results in a lead time reduction of 65.3%.

It is recommended to implement the measures mentioned above in the short term.



Samenvatting

De automotive industrie kenmerkt zich door onduidelijke veranderende vraagspecificaties, dit is binnen AWL terug te zien in de geannuleerde reserveringen, wijzigingen tijdens engineering, het opstarten met gebrekkige informatie en de aannames die gedaan worden om tijd te winnen. De organisatie van AWL is niet ingericht om met variatie om te gaan. Variatie wordt altijd gebufferd door voorraden, capaciteit, tijd of een combinatie hiervan. Bij AWL is dit effect te zien in de lange doorlooptijden van 75 dagen voor Engineering en de grote hoeveelheid lopende projecten.

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: *Hoe kan AWL de betrouwbaarheid van zijn operationele engineeringsplanningen binnen 6 maanden met 10% verhogen?* Uit de huidige situatie is gebleken dat 74,4% van de milestones binnen het engineeringsproces tijdig worden uitgevoerd.

De lange doorlooptijden en de 100% bezettingsgraad en de variatie compliceren het maken van een betrouwbare planning.

De lange doorlooptijden en grote hoeveelheid aan lopende projecten worden voornamelijk negatief beïnvloed door de focus op een 100% bezettingsgraad, de sales gestuurde organisatie en de vele interactie- en overdachtmomenten tussen de afdelingen. De communicatie binnen de projectteams wordt belemmerd doordat projectleden op verschillende locaties aan het project werken.

Hiernaast zorgt het gebruik van meerdere planning- en control documenten ervoor dat er onvoldoende inzicht is in de voortgang van een project en de impact op de planning van nieuwe en gewijzigde projecten niet inzichtelijk is.

Geadviseerd wordt de variatie strategisch te exploiteren door het creëren van Quick Response Office

Cells en Focused Target Market Segmenten. Deze multifunctionele, co-located cellen zijn verantwoordelijk voor alle activiteiten die bij een marktsegment horen. Deze maatregel heeft bij vergelijkbare organisaties de betrouwbaarheid van de on-time-delivery verhoogd met 31,4% (Francisco Tubino en Rajan Suri, 2000).

Een 100% bezettingsgraad zorgt voor lage capaciteitskosten, maar de doorlooptijden en indirecte kosten, waaronder de coördinatie en vertragings-kosten, stijgen exponentieel. Er vindt een trade-off plaats tussen een hoge bezettingsgraad en lage doorlooptijden. Bij de huidige werkwijze en variatie is het advies een maximale bezettingsgraad van 85% te plannen. Dit resulteert in een doorlooptijd reductie van 48%.

Door het reduceren van de hoeveelheid onderhanden projecten worden de doorlooptijden gereduceerd en de problemen eerder zichtbaar. Geadviseerd wordt geen projecten op te starten wanneer er geen capaciteit is of de benodigde basisgegevens niet aanwezig zijn. Dit resulteert in een doorlooptijd verkorting van 65,3%.

Aanbevolen wordt om op korte termijn de bovenstaande maatregelen te implementeren.

1. Inleiding

1.1 Onderwijskader

Dit afstudeerproject is onderdeel van het vierde jaar van de opleiding Technische bedrijfskunde aan Hogeschool Windesheim. Het onderwijsdoel van deze opdracht is het aantonen van de volgende competenties: analyseren, ontwerpen, managen, adviseren, onderzoeken en professionaliseren.

Dit project vindt plaats gedurende een periode van 17 weken, te beginnen op 12 maart 2018. De einddatum voor het project is 6 juli 2018. De student, Jeroen Kamphuis, zal fulltime (40 uur per week) aanwezig zijn bij AWL en werken aan deze opdracht.

1.2 Organisatie

AWL-Techniek is een systeemintegrator van voornamelijk hoogwaardige automatiserings-lasapparatuur. AWL maakt gebruik van het Engineering-To-Order-model en sinds kort het Configure-To-Order-model.

AWL-Techniek BV maakt deel uit van de AWL Group, met A.W.L. Techniek Holding B.V. als haar moederbedrijf (Company-info, 2018). AWL is gevestigd aan de Nobelstraat 37, Harderwijk. Naast vestigingen in Nederland is AWL aanwezig in de Verenigde Staten, Mexico, China en

Tsjechië. Bij AWL werken wereldwijd meer dan 800 medewerkers.

Deze opdracht heeft betrekking op de Engineeringsafdelingen van AWL in alle operationele units wereldwijd. Deze afdelingen zijn verantwoordelijk voor het (in detail) ontwerpen van de klantspecifieke machines.

The logo consists of the letters 'AWL' in a bold, white, sans-serif font, followed by a small orange square.

Uit de Missie en Visie
(AWL, z.d. a)

“Wij geloven in het zijn van een slimme en betrouwbare partner voor onze klanten. Dit weerspiegelt in onze producten, personeel en de manier van werken.”

Leeswijzer



Figuur 1: Visuele leeswijzer

1.3 Initiële vraag

Aan het begin van de opdracht is de vraag aan de student om zich te richten op het plan/control proces. Het huidige plan/control proces binnen engineering is onvoldoende beheersbaar. De oplevering van projecten fluctueert tussen de 1 en 57 weken (AWL, 2018b). Hierdoor is het niet mogelijk om een nauwkeurige uitvoerbare planning op te stellen.

De initiële vraag luidt:

Geef een advies over hoe AWL een beheersbaar plan/control proces voor engineering wereldwijd kan realiseren met indicatoren om de doorlooptijd te meten en een advies (incl. implementatieplan) over hoe operationele planners engineeringactiviteiten kunnen plannen.

1.4 Leeswijzer

De hoofdstukken 1, 2 en 3 omschrijven de onderzoeksopzet van dit onderzoek. Deze komen voort uit het vooronderzoek, weergegeven in Bijlage 1. In hoofdstuk 2 worden de context, aanleiding, projectkader, doelstelling en afbakeningen van het onderzoek weergegeven. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de conceptuele benadering op het probleem, hiernaast worden er in hoofdstuk 3 het conceptuele model en het onderzoeksmodel gepresenteerd. Het onderzoeksmodel vormt de basis voor dit onderzoek.

In hoofdstuk 4 geeft een inzicht in het huidige plannings- en engineeringproces van AWL, en de betrouwbaarheid van het engineeringproces.

De ervaren knelpunten in deze processen worden gepresenteerd in hoofdstuk 5, waarna er enkele analyse worden uitgevoerd om meer inzicht te geven in deze knelpunten. Deze analyses en knelpunten worden samengevat

in een Ishikawa diagram, waaruit een aantal kernoorzaken komen.

In hoofdstuk 6 worden er tegenmaatregelen gegenereerd om deze kernoorzaken aan te pakken. Waarna deze geprioriteerd worden op haalbaarheid en impact.

De implementatie van deze tegenmaatregelen komt aan bod in hoofdstuk 7.

Het onderzoek wordt afgesloten in hoofdstuk 8 met een conclusie.

2. Opdracht

Hoofdstuk 2 geeft een korte beschrijving van de context, de aanleiding, het projectkader, de doelstelling, de centrale vraag en de afbakeningen van dit onderzoek. Hierin wordt duidelijk wat het probleem is en waarom dit nu een probleem is, wat het doel van AWL is en hoe ik dit doel tijdens mijn project ga ondersteunen.

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Figuur 2. Expected Turnover. Aangepast overgenomen uit "Business Case Planning v.1.1" van AWL 2017d, Harderwijk en "AWL corporate profile 2018 1.1." van AWL 2018a, Harderwijk.

2.1 Context

De verwachte groei van AWL kan niet worden bereikt met het huidige proces. De verwachte omzetgroei is weergegeven in Figuur 2.

Veel verschillende functies en afdelingen zijn (dagelijks) bezig om het Engineeringproces onder controle te houden. Dit kost de organisatie waardevolle tijd van medewerkers, in 2016 alleen al [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd] uur (AWL, 2017d). Dit voegt geen waarde toe aan de projecten.

De huidige systemen (organisatie, methodiek en digitale programma's) zijn onvoldoende voorbereid voor de wereldwijde projecten met activiteiten op de verschillende AWL-locaties. Figuur 3 geeft de verschillende locaties van de engineeringafdelingen aan die de projecten kunnen afleggen. Naast de weergegeven afdelingen besteedt AWL werk uit aan derde partijen, voornamelijk aan zusterbedrijf MechDes.

Aangezien het engineeringproces het eerste productieproces is, zorgt de variatie in dit proces voor extra variatie in de daaropvolgende processen.

2.2 Aanleiding

AWL is niet in control vanuit planning perspectief. De toenemende inspanning die vereist is om medewerkers te plannen, de klanttevredenheid te waarborgen en problemen op te lossen, is niet langer acceptabel in termen van risico's, complexiteit en kosten. Mede hierdoor is AWL gestart met het opstellen van Vision2020, een routekaart die bepaalt hoe de organisatie en processen er in 2020 uit zullen zien, en het Strategisch Programma om deze visie te bereiken.

2.3 Projectkader

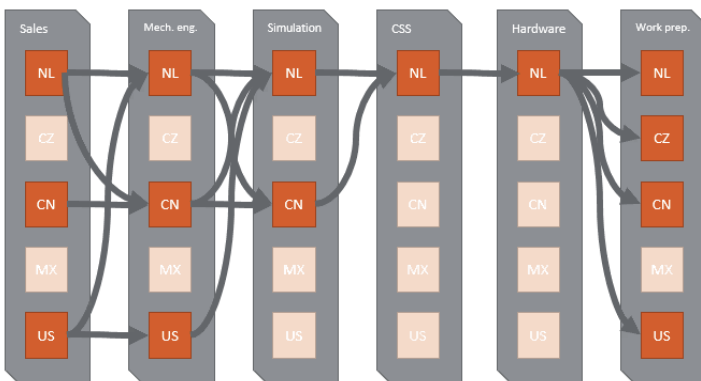
Dit project is onderdeel van het Strategisch Programma met als doel het realiseren van Vision2020. Het doel van dit programma is om in 2020 het volgende te bereiken (AWL, 2017b):

"To globally have an efficient, effective and intuitive process of project planning to enable an optimal utilization of resources and floor space supported by accurate overviews."

Een van de projecten binnen het Strategische Programma dat AWL gedefinieerd heeft, is het planningsproces.



Engineeringsafdelingen



Figuur 3. Routing proces over AWL Locaties wereldwijd. Aangepast overgenomen uit "Elaboration on planning with units V0" van AWL, 2018f, Harderwijk.

Dit onderzoek is onderdeel van het Strategisch Programma Planning en ondersteunt het voorgaande doel door het leveren van een "efficiënte en effectieve planning".

2.4 Doelstelling van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is advies uit brengen aan de opdrachtgever t.a.v. de inrichting van een beheersbaar plan/control proces voor alle engineeringafdelingen en zo de betrouwbaarheid van oplevering van de engineering-deliverables binnen zes maanden met tien procent te verhogen.

2.5 Centrale vraag

De centrale vraag die dit onderzoek tracht te beantwoorden is:

Hoe kan AWL de betrouwbaarheid van zijn operationele engineeringplanningen binnen 6 maanden met 10% verhogen?

2.6 Randvoorwaarden

De aanbevelingen en het future state proces dienen wereldwijd toepasbaar te zijn en passen binnen de huidige plannen van het Strategisch Programma.

2.7 Afbakeningen

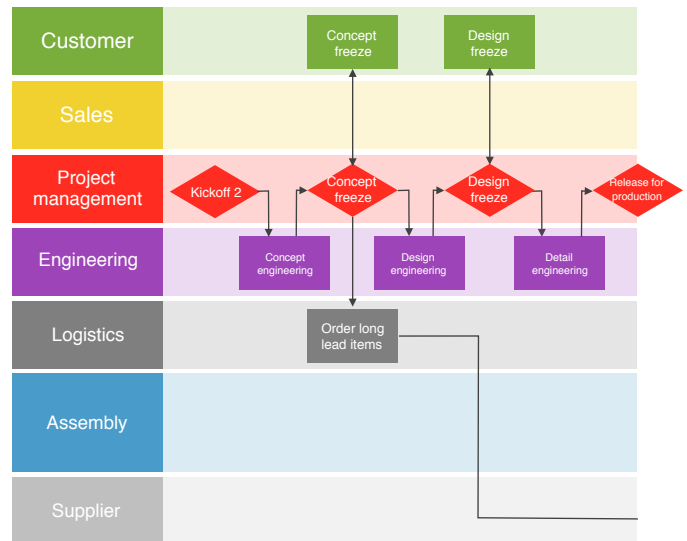
Dit onderzoek is een probleemoplossend gericht onderzoek. Het uitgangspunt is een probleem en hier wordt een oplossing voor gevonden.

In de verklarende woordenlijst op pagina 54 worden heldere definities gegeven van de begrippen die gebruikt worden en op verschillende manieren kunnen geïnterpreteerd kunnen worden gegeven.

Het onderzoek heeft betrekking op het engineeringproces, deze begint bij Kickoff 2 en eindigt bij Release for Production, zie Figuur 4. Dit onderzoek betreft de afdelingen:

- Mechanical Engineering;
- Controls Engineering;
- Robot Controls;
- Simulation Engineering;
- Hardware Engineering;
- Planning.

Engineeringproces



Figuur 4. Engineering Process. Overgenomen uit "Quality Management System" van AWL, z.d. v.

Eisen future state

Zie paragraaf 6.1 - Programma van eisen

Uitbesteed werk wordt niet meegenomen in dit onderzoek.

De volgende fasen van de bedrijfskundige interventiecyclus worden in dit project doorlopen:

- Probleemanalyse (probleem-beschrijvende diagnose)
- Diagnose (probleem-verklarende diagnose; wat zijn de oorzaken, en in welke mate spelen zij een rol bij het ontstaan van het probleem?)
- Ontwerp (van gewenste situatie en van verbeteringen en opstellen van een implementatieplan)

De volgende fasen vallen buiten de opdracht en zullen niet worden doorlopen:

- Verandering (implementatie van de ontworpen verbeteringen)
- Evaluatie (vaststellen van het effect van de verandering).

3. Wijze van onderzoek

Paragraaf 3.1 geeft een conceptuele benadering op het probleem. Deze paragraaf bevat meerdere theorieën die inzicht geven in dit probleem. In paragraaf 3.2 wordt het conceptueel model gepresenteerd, welke centraal staat tijdens dit onderzoek. In paragrafen 3.3 en 3.4 wordt het onderzoek verder ontworpen. De aspecten uit het conceptueel model vormen de basis voor het onderzoeksmodel in paragraaf 3.3. Hier wordt uitgelegd hoe er met deze aspecten wordt omgegaan, welke bronnen er worden geraadpleegd en hoe deze informatie verwerkt wordt. In paragraaf 3.4 wordt de methode van onderzoek toegelicht.

3.1 Theoretisch kader

Op dit moment verstoren verschillende variaties de productiestroom bij AWL. Variatie wordt altijd gebufferd door voorraden, capaciteit, tijd of een combinatie hiervan. De organisatie is niet ingericht om met deze variatie om te gaan. Dit probleem is te labelen als een organisatorisch/procesmatig probleem. De volgende theorieën geven meer inzicht in het creëren van flow. Flow staat synoniem voor continue doorstroming.

3.1.1 Lean

Volgens het Lean-principe, geraadpleegd via Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (2017a), is de manier om flow te creëren het elimineren van de 3Ms:

- *Mura* – onnodige variatie:
Opslinger-effecten, rennen of stil staan;
- *Muri* – overbelasting:
Te veel werk;
- *Muda* – 7 verspillingen:
Transport, voorraad, beweging, wachten, overprocessing en overproductie. Mura en Muri veroorzaken Muda;

Rust en regelmaat creëren ruimte voor continu verbeteren. Deze theorie stelt dat de focus moet liggen op variatie die waarde toevoegt voor de klant.

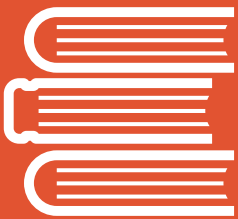
Hiernaast stelt Lean dat planningen het betrouwbaarst zijn wanneer de doorlooptijden kort zijn. Dit project dient zich volgens Lean te verdiepen op het verkorten van de doorlooptijd en het reduceren van voor de klant onnodige variatie.

3.1.2 Little's Law

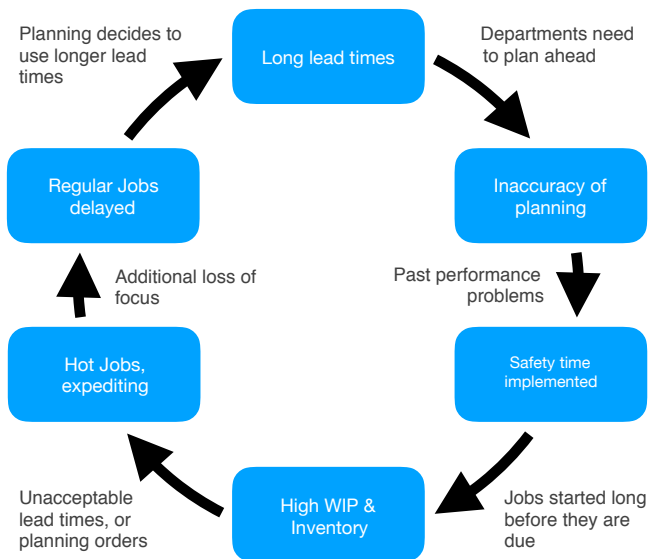
AWL heeft veel onderhanden werk (OHW) en lange doorlooptijden (DLT). John Little (2011) stelt dat er een verband is tussen deze twee parameters. Algebraïsch weergegeven is Little's Law (Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, 2017d):

$$OHW = TP * DLT$$

Volgens deze wet wordt bij een lagere mate van onderhanden werk bij een gelijkblijvende output per tijdseenheid (TP) de gemiddelde doorlooptijd (DLT) evenredig korter.

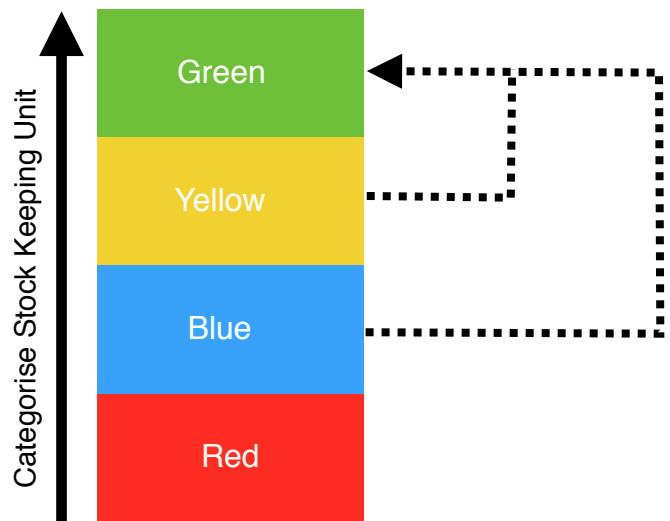


Response time spiral



Figuur 5. Response time spiral. Aangepast overgenomen uit "It's about Time" van Rajan Suri, 2010, New York..

Every Product Every Cycle



Figuur 6. Every Product Every Cycle. Aangepast overgenomen uit "Every Product Every Cycle in Production" van Lean Enterprise Academy (<https://www.slideshare.net/LeanUK/every-product-every-cycle-in-production-ian-glenday-lscf-050607-ppt>)

3.1.3 Quick Response Manufacturing

Rajan Suri (2010) stelt dat onnauwkeurige planningen onder andere voortkomen uit lange doorlooptijden. AWL heeft op dit moment lange levertijd, onnauwkeurige planningen en veel buffers. Dit alles duidt erop dat AWL in een response time spiral zit, zie Figuur 5.

Quick Response Manufacturing, afgekort QRM, stelt dat een oplossing hiervoor gevonden kan worden in de inrichting van de organisatie.

Met QRM worden lean principes toegepast op bedrijven die klantspecifieke producten maken. Er wordt gebruikt gemaakt van snelheid als middel om een concurrentievoordeel te bereiken en dit vergroot de reactiesnelheid en flexibiliteit van de organisatie.

3.1.4 Every Product Every Cycle

AWL produceert klantspecifieke producten, dit zorgt voor variatie in het proces, wat verstorend werkt ten aanzien van de flow. Ian Glenday (2008) stelt dat er vier categorieën producten zijn, elk met maatregelen om flow te creëren:

Groen

- Vaak runner, relatief constante vraag, hogere aantallen;
- Startpunt voor het inrichten van flow.

Geel

- Vaak repeater;
- Combineren met groen waar mogelijk, evt door aanpassingen in flowlijn.

Blauw

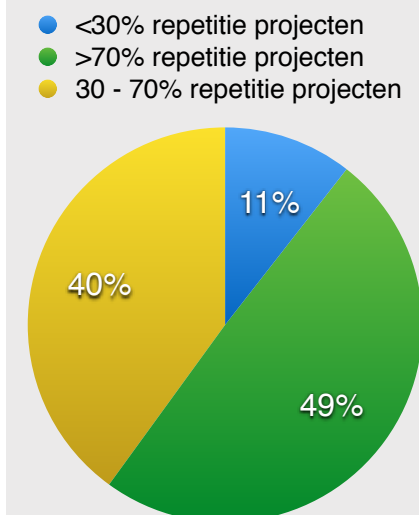
- Meer variatie in vraag (repeater / stranger);
- Naar groen waar mogelijk, evt separaat (buiten flowlijn) aanpassen aan klantwens.

Rood

- Veel variatie in vraag (lumpy), Stranger;
- Vaak te laag geprijsd, vragen veel aandacht;
- Sterk verstorend voor flow.

Van de projecten van AWL, is het grootste deel copy- of configure-to-order (CTO) projecten met meer dan 70% herhaling. De mate van herhaling in de projecten van AWL is weergegeven in Figuur 7.

Mate van herhaling AWL



Figuur 7. Mate van herhaling in projecten AWL

Gartner S&OP maturity model

Strategy	Stage 1: Reacting	Stage 2: Anticipating	Stage 3: Collaborating	Stage 4: Orchestrating
Balance: S&OP				
Goals	Development of an operational plan	Demand and supply matching	Profitability	Demand sensing, and conscious trade-off for demand shaping to drive an optimized demand response.
Cross-Functional Alignment	Supply Chain driven process with a strong sales or operational bias leading to imbalance. Lack of clarity as to the goal of S&OP	Supply Chain driven process for purposes of achieving optimum forecast and supply response to demand.	Supply Chain becomes the S&OP orchestrator and business functions take ownership of input, output and result, looking at financial impact of decisions.	Business ownership at multiple levels with strong participation from executives and finance. Collaborations extend beyond the enterprise to achieve end-to-end value.
Process and Technology	Emerging process, inconsistent and marginally effective. Often more of a sales review meeting. Tools are mainly Excel and ERPS.	Formal, structured process. One size fits all approach. Tools extend to include forecasting. SC planning and inventory optimization.	Process tailored to business model and needs. Dialogue, and start of use of tools, around what-if analysis for demand shaping, financial reconciliation and cost to serve.	Process becomes balanced, dynamic and event-driven. Strong connection to strategic planning and execution. Tools also support risk-value trade-offs, price optimization and complex simulation.

Tabel 1. Gartner S&OP maturity model. Aangepast overgenomen uit "S&OP Implementation: How are Companies Doing?" van enterpriseresilienceblog, 2012 (http://enterpriseresilienceblog.typepad.com/enterprise_resilience_man/2012/01/sop-implementation-how-are-companies-doing.html)

3.1.5 Hopp & Spearman

AWL's klantspecifieke producten zorgen voor variatie in het engineeringproces. Hopp en Spearman (2000) beschrijven onder andere de volgende twee wetten met betrekking tot variatie:

1. Variatie zal de prestaties van een systeem altijd verslechteren;
2. Variatie in een systeem zal worden gebufferd door een combinatie van voorraden, capaciteit of tijd.

Om deze buffers te verminderen, zijn er twee dingen die AWL kan doen: het verminderen van de variatie in de vraag van klanten of variatie in de processen, wisselende projectleden etc. De variatie in de vraag wordt op dit moment gereduceerd door met CTO-modellen te werken.

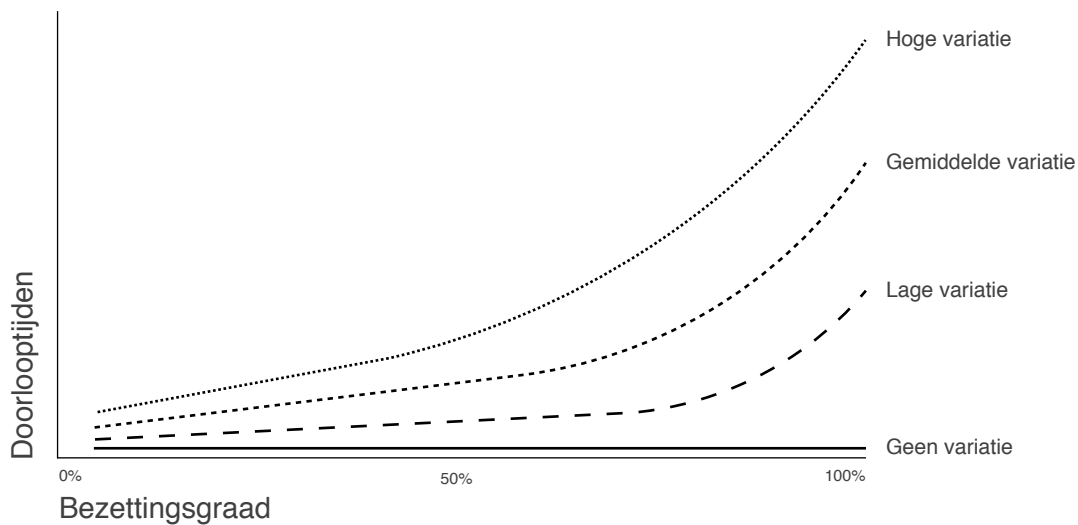
3.1.6 Gartner S&OP maturity model

Het Strategisch Programma Planning van AWL maakt gebruik van het Gartner S&OP model, deze is daarom meegenomen in het theoretisch kader.

Het S&OP maturity model van Gartner (2010), zie Tabel 1, definieert volwassenheid van de sales en operations planning in termen van organisatorisch evenwicht.

AWL bevindt zich op dit moment in fase 1. Het tracht om het aanbod op de vraag af te stemmen.

Invloed van variatie op doorlooptijden



Figuur 8. Invloed van variatie op doorlooptijden. Aangepast overgenomen uit "CS07MAN Factory Physics" van Hogeschool Arnhem Nijmegen, 2017b, Arnhem.

3.1.7 Kingman's equation

AWL heeft lange doorlooptijden en veel variatie in de klantvraag en bewerkingstijd. John Kingman (1961) stelt dat doorlooptijden meer dan evenredig toenemen bij een toenemende variatie in aankomst en bewerkingstijd. Algebraïsch weergegeven is de Kingman's equation:

$$WT = PT * U \sqrt{(2(s+1)-1)} / (1 - U) * (VC_a^2 + VC_b^2) / 2$$

WT	Gemiddelde doorlooptijd
PT	Bewerkingstijd
U	Bezettingsgraad ($0 \leq U \leq 1$)
S	Aantal bewerkingsstations
VC _a	Variatiecoëfficiënt aankomst
VC _b	Variatiecoëfficiënt bewerkingstijd

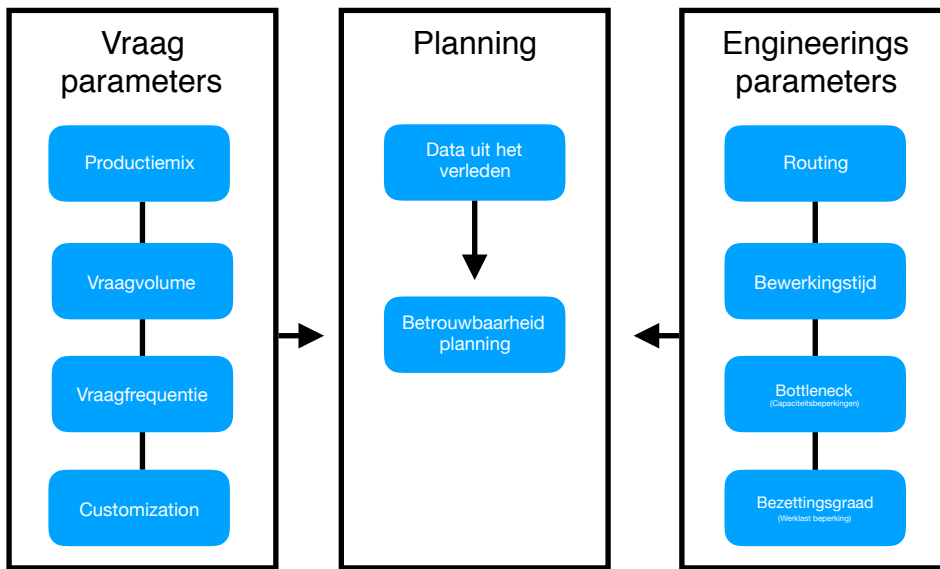
Hiernaast kunnen we het volgende uit deze formule en Figuur 8 afleiden:

- Doorlooptijden zijn minimaal wanneer er voldoende capaciteit is. De wachttijden

worden exponentieel langer wanneer de aankomstsnelheid van klanten de capaciteit nadert.

- Vanaf het punt dat de vraag ongeveer 80% van de capaciteit bedraagt, ontstaan er doorlooptijden problemen.
- Als er geen variatie is, is de gemiddelde doorlooptijden minimaal.
- De onzekerheid in de lengte van de doorlooptijden is sterk afhankelijk van de bezettingsgraad. Wanneer de bezettingsgraad laag is, is de onzekerheid klein, wanneer de bezettingsgraad hoog is, zijn de doorlooptijden zeer onvoorspelbaar.

Conceptueel model



Figuur 9. Conceptueel model

3.2 Conceptueel model

In de Figuur 9 is het conceptueel model weergegeven.

De basis voor dit model wordt gevormd door een model ontworpen door het Lectoraat Lean van de Hogeschool Arnhem Nijmegen (2017c). Er zijn enkele aanpassingen gedaan voor dit onderzoek bij AWL. Zo zijn de onafhankelijke variabelen materiaal planning, capaciteit planning, Bill of Materials en omsteltijden niet meegenomen in bovenstaand model, is er de onafhankelijke variable data uit het verleden toegevoegd en is 'Scheduling en Sequencing van jobs' vervangen door betrouwbaarheid planning.

De afhankelijke variabele betrouwbaarheid betrouwbaarheid planning staat centraal, de onafhankelijke variabelen bestaan uit de vraag parameters, de data uit het verleden en Engineering parameters.

Door flow te creëren ontstaat er een betrouwbare planning. Variatie in de klantvraag en in

het proces hebben volgens de voorgaande modellen een behoorlijke invloed op de betrouwbaarheid van de planning.

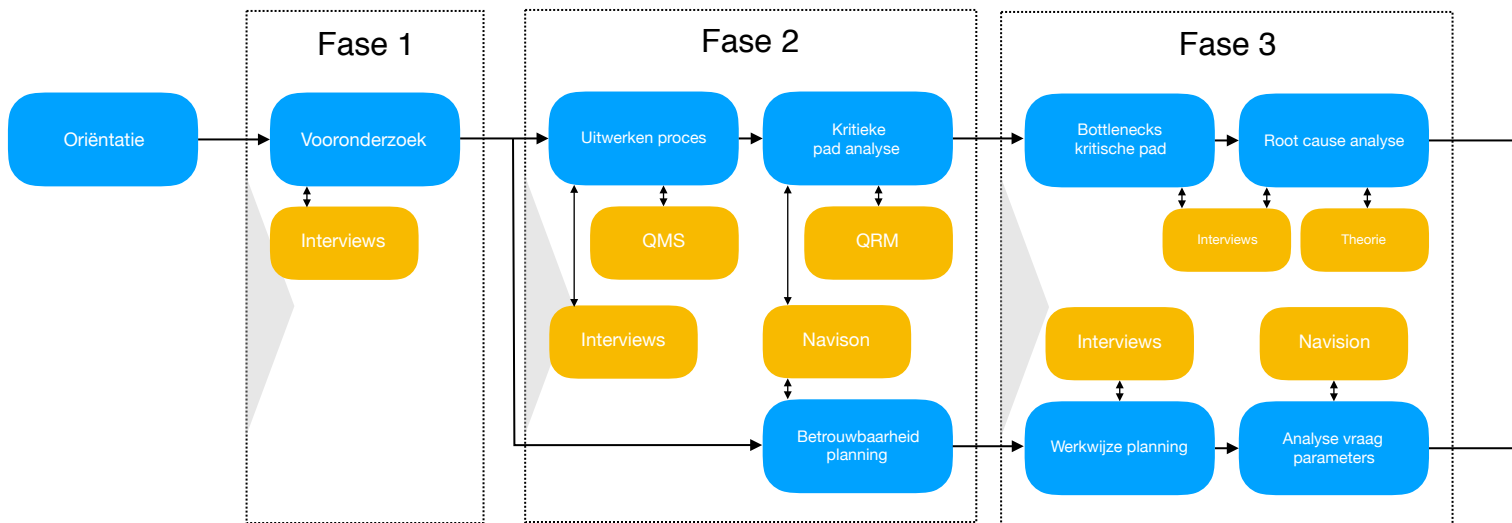
De bezettingsgraad heeft volgens de Kingmans equation een grote invloed op de wachttijden, en dus op de planning.

Door het plannen aan de hand van data uit het verleden kan volgens Douglas H. Grabenstetter & John M. Usher (2014) de betrouwbaarheid van de planning verhoogd worden.



Afbeelding 2. AWL (z.d. a) Overgenomen uit "Marcom" van AWL. (<http://brains/orchard/marcom>)

Onderzoeksmodel



Figuur 10a. Onderzoeksmodel

3.3 Onderzoeksmodel

De centrale vraag van dit onderzoek luidt:

Hoe kan AWL de betrouwbaarheid van zijn operationele engineerings-planningen binnen 6 maanden met 10% verhogen?

Deze vraag is vertaald naar de volgende onderzoeksvragen:

- Hoe verloopt het operationele planningsproces voor Engineering?
- Hoe verloopt het engineeringsproces
- Wat is de huidige betrouwbaarheid van de operationele engineerings-planning?
- Welke knelpunten zijn er op het kritische pad?
- Wat is de invloed van de volgende vraagparameters op de doorlooptijd:
 - Productiemix product (machine, mal, grip of cel);
 - Mate van herhaling.

Dit onderzoek is opgedeeld in vijf fases. Deze zijn visueel weergegeven in Figuur 10a en Figuur 10b.

Fase één bestaat uit het doen van vooronderzoek. Dit voor onderzoek dient goedgekeurd te worden door de onderwijsinstelling en de opdrachtgever. Hiermee stemmen zij in met de formulering van de opdracht en met de voorgestelde werkwijze.

In de volgende fase, fase twee, wordt het engineeringsproces uitgewerkt zoals deze beschreven staat in Quality Management System, afgekort QMS, en wordt deze gereviewd door de managers van engineering voor een check met de praktijk. Hierbij wordt het kritische pad van het Engineeringsproces bepaald.

Hiernaast zal er onderzocht worden wat de huidige betrouwbaarheid van de operationele Engineerings-planning is. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van data uit Microsoft Navision, welke aangeleverd worden door [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd].

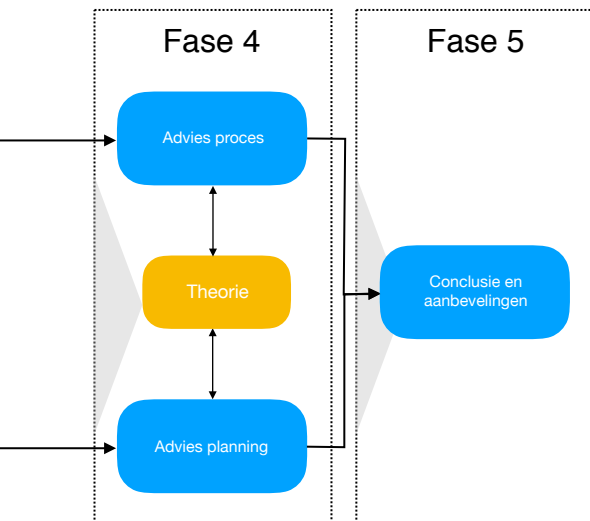
In fase drie zal de huidige werkwijze van de planners in kaart gebracht worden. In fase vier wordt aan de hand van deze beschrijving een advies geformuleerd worden over hoe zij engineering-activiteiten kunnen plannen.

Hiernaast zal er een analyse uitgevoerd worden na de vraag parameters. Waarin wordt er gekeken naar de invloed van de volgende factoren op de planning:

- Productiemix product (machine, mal, grip of cel);
- Mate van herhaling.

Tevens wordt er van het kritische pad gedefinieerd in de vorige fase de knelpunten verzameld. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van de QRM theorie beschreven in het theoretisch kader. Deze knelpunten worden geanalyseerd door middel van een root cause analyse. De gevonden kernoorzaken worden gereflecteerd aan de theorie beschreven in het theoretisch kader.

Onderzoeksmodel (vervolg)



Figuur 10b. Vervolg onderzoeksmodel

Fase vier bestaat volledig uit het geven van advies. Er wordt een advies gegeven over het verhogen van de betrouwbaarheid van de planning over het Engineeringsproces. Voor het opstellen van het advies wordt gebruik gemaakt van de theorie beschreven in het theoretisch kader.

In de laatste fase, fase vijf, worden alle voorgaande deelresultaten gebundeld in een adviesrapport en wordt er een implementatieplan en reflectierapport geschreven, waarin wordt teruggeblikt op het afstuderen en tevens op de opleiding Technische Bedrijfskunde in het algemeen.

3.4 Onderzoeksmethoden

Bij dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van kwalitatieve en kwantitatieve onderzoeksmethodes. De gegevens worden verzameld door middel van (groeps)interviews in combinatie met deskresearch en een literatuuronderzoek.

Wijziging tijdens onderzoek

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is na voren gekomen dat het niet mogelijk is een betrouwbare kritisch pad analyse uit te voeren. De duur van de activiteiten is project afhankelijk, er speelt veel variatie in het proces op, en de lange doorlooptijden maakt het niet mogelijk op de activiteitsduur tijdens dit project te meten. De onderlinge afhankelijkheden zijn wel tijdens het opstellen van het Engineeringsproces naar voren gekomen en het kritische pad is bepaald in overleg met de Teamleiders Engineering.

Bij het beantwoorden van de invloed van de vraagparameters op de doorlooptijd wordt gebruik gemaakt van een kwantitatief onderzoeksmethode. Data hiervoor komt uit Microsoft Navision. Er wordt gezocht naar correlaties en causale relaties tussen de vraagparameters en de doorlooptijd.

4. Huidige Situatie

In dit hoofdstuk wordt de huidige Situatie van AWL weergegeven. In paragraaf 4.1 wordt uitgelegd hoe het operationele planningsproces voor Engineering verloopt. Paragraaf 4.2 gaat in op het engineeringsproces. De huidige betrouwbaarheid van het engineeringsproces wordt beschreven in paragraaf 4.3.



AWL produceert klantspecifieke producten in lage volumes met een gemiddelde variatie. De projectleiders begeleiden deze producten in projecten door de organisatie heen.

Engineers haken aan in de Engineeringsfase en ondersteunen in de volgende fases. De projectteams bestaan uit medewerkers met (vak)specifieke kennis waarmee zij een (tijdelijke) bijdrage aan het project leveren.

De medewerkers werken tegelijkertijd aan meerdere projecten. Het zijn “shared resources”, wat maakt dat er veel afstemming en planwerk vereist is. AWL is een matrix organisatie, wat betekent dat de Engineers niet alleen rapporteren aan de verschillende projectleiders en hiernaast ook aan de hiërarchische teamleider. Deze functionele indeling is terug te vinden in alle entities binnen de AWL groep.

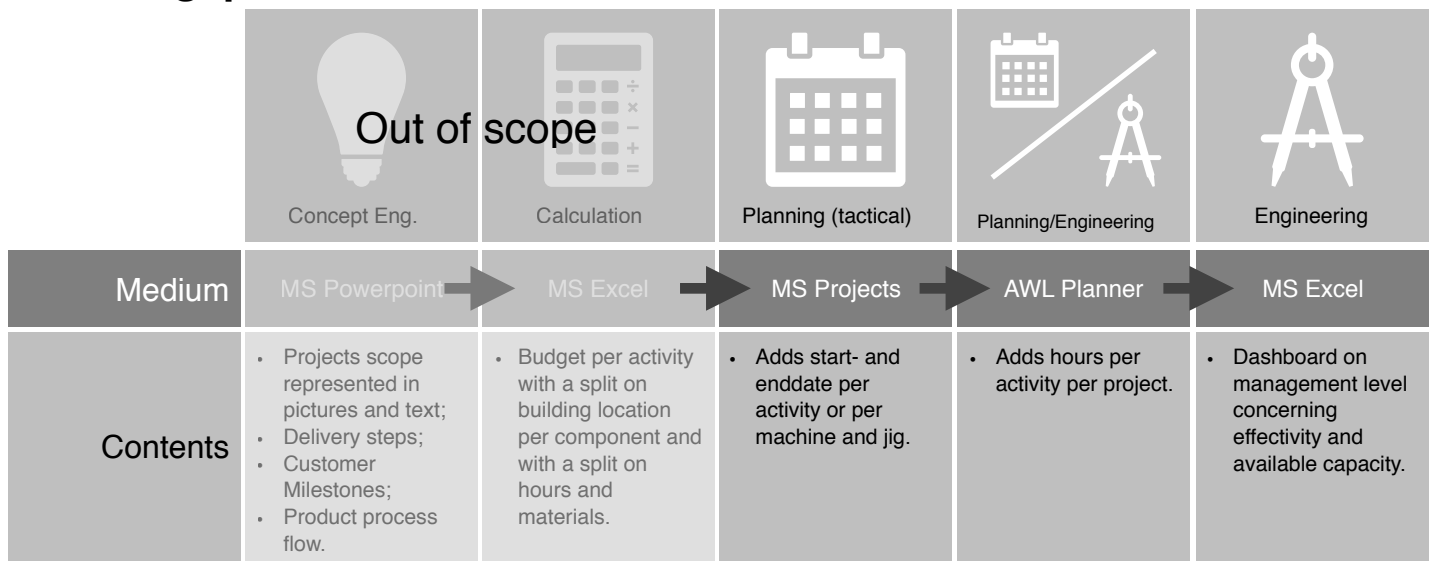
4.1 Planningsproces

Nieuwe aanvragen komen binnen bij AWL bij de afdeling sales. Via Concept Engineering en Calculation en diverse mediums worden de projecten aangeleverd aan de Planning, zie Figuur 11.

De capaciteit voor de geoffreerde projecten wordt gereserveerd door de Planning in de capaciteitsplanning. Deze planning en de uren inschatting worden elke week gecontroleerd door de managers op basis van ervaring (Mechanical Engineering), een vaste formule (Simulation Engineering) of deze wordt niet gecontroleerd (Controls Engineering).

Wanneer een aanbidding verkocht is wordt deze door de planning omgezet in een project. Het gereserveerde project wordt uit de AWL planner gehaald en opnieuw toegevoegd als verkocht project. Het verkochte project krijgt een projectnummer en wordt definitief gepland. Dit komt tevens terug in de capaciteitsplanning en de Capacity Plan Summary. De teamleider bepaalt hierna welke medewerkers het project gaat uitvoeren.

Planningsproces



Figuur 11. Huidige situatie offerte proces. Aangepast overgenomen uit "Elaboration on planning with units V0" van AWL, 2018f, Harderwijk.

Indien er hier prioriteringsproblemen ontstaan beslist de manager Projectmanagement welk project prioriteit krijgt.

De beschikbare capaciteit van de engineeringafdelingen wordt volledig gepland, er wordt gestreefd naar een bezettingsgraad van 100%.

De volgende regelmogelijkheden gebruikt AWL om de variatie op te vangen:

- Levelen binnen de AWL Group (AWL CN, AWL US, etc);
- Support Engineer:
 - Ondersteuning tijdens de Assemblagefase;
- Inhuren extra capaciteit;
- Uitbesteden:
 - Bij Mechanical Engineering worden voornamelijk de mallen compleet uitbesteed;
 - Hardware en Robot: Engineering hebben een flexibele schil door het uitbesteden;
- Overwerk;
- Opleveren in delen aan Logistic Engineering.

Wekelijkse plancyclus

AWL Engineering hanteert een wekelijkse plancyclus, deze ziet er als volgt uit:

Maandag

Teamleiders Engineering en Operationeel planners bespreken de capaciteitenplanning en reserveringen en stemmen projecten onderling af.

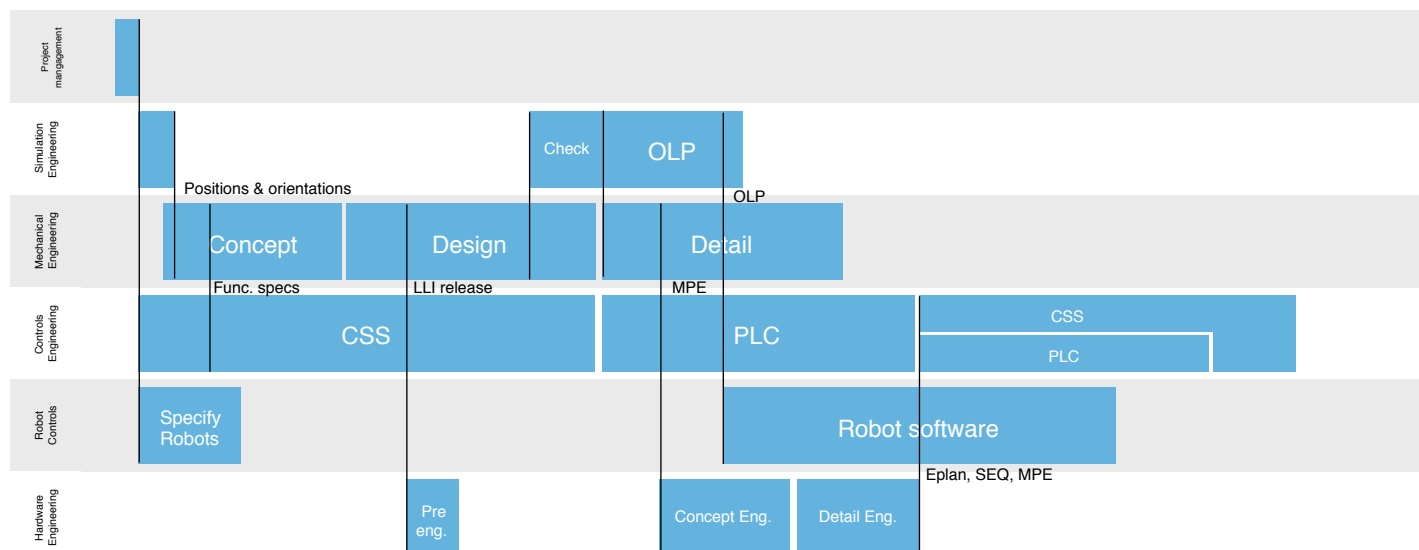
Donderdag

Capaciteitsplanningen en dashboards van de afdelingen en de projectplanningen zijn bijgewerkt.

Vrijdag

De planstatus wordt niet bijgewerkt. De capaciteitsoverzichten voor het management worden gegenereerd.

Huidige situatie Engineeringsproces



Figuur 12. Huidige situatie Engineeringsproces. Aangepast overgenomen uit "QMS van AWL, 2018, Harderwijk.

4.2 Engineeringsproces

In figuur 12 is het Engineeringsproces met de belangrijkste overdrachtsmomenten weergegeven.

Het engineeringsproces start met Kickoff 2 (K2) en is opgedeeld in drie fases, de concept-, design- en detailfase, welke gescheiden worden door een concept freeze (CFR), design freeze (DFR) en een Release for Production (PRD). Tijdens elke freeze wordt het ontwerp met de klant besproken. In theorie zijn de drie fases evenredig verdeeld qua tijd. Na de Release for Production start Logistics Engineering met de werkvoorbereiding en vindt er een Kickoff Assemblage (ASB) plaats.

Een project kent meerdere main components (machine, mal, gripper of cel), elk met een eigen CFR, DFR en PRD, welke door middel van de watervalmethode gepland worden.

4.3 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van het engineeringsproces is in het vooronderzoek gedefinieerd als: aantal opgeleverde producten conform de planning / totaal aantal producten conform planning x 100%

In 2017 zijn 74,4% van de totale milestones binnen Engineering tijdig uitgevoerd. De tijdigheid per milestone is te vinden in Tabel 2. Deze data is afkomstig van Navision, waar de data handmatig wordt ingevoerd. Tabel 3 toont de tijdigheid van de gelogde vrijgaven van Hardware Engineering (Eplan) en Mechanical Engineering (SmarTeam).

Milestone	Conform planning
K2	78%
CFR	69%
DFR	73%
PRD	79%
ASB	81%

Tabel 2. % milestones conform planning sinds 1-1-2016 volgens Navision

Product	Conform planning
Releases Eplan	30,4%
Releases SmarTeam	55,1%

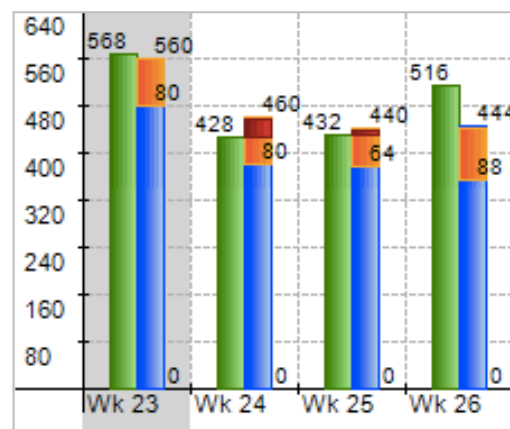
Tabel 3. % milestones conform planning sinds 1-1-2016 volgens EPLAN en SmarTeam



Afbeelding 3. [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]. Jeroen Kamphuis (2018)

5. Probleemanalyse

In paragraaf één wordt inzicht gegeven in de knelpunten en de stakeholders welke deze ervaren. In de volgende paragrafen worden de analyses uitgevoerd welke extra inzicht geven in deze knelpunten. In paragraaf zeven worden de resultaten van deze analyses en knelpunten samengevoegd in een Ishikawa diagram. De gevonden oorzaken uit de Ishikawa diagram worden geprioriteerd in een frequentie/impactmatrix. Het hoofdstuk wordt afgesloten in paragraaf 8 met een conclusie van de analysefase.



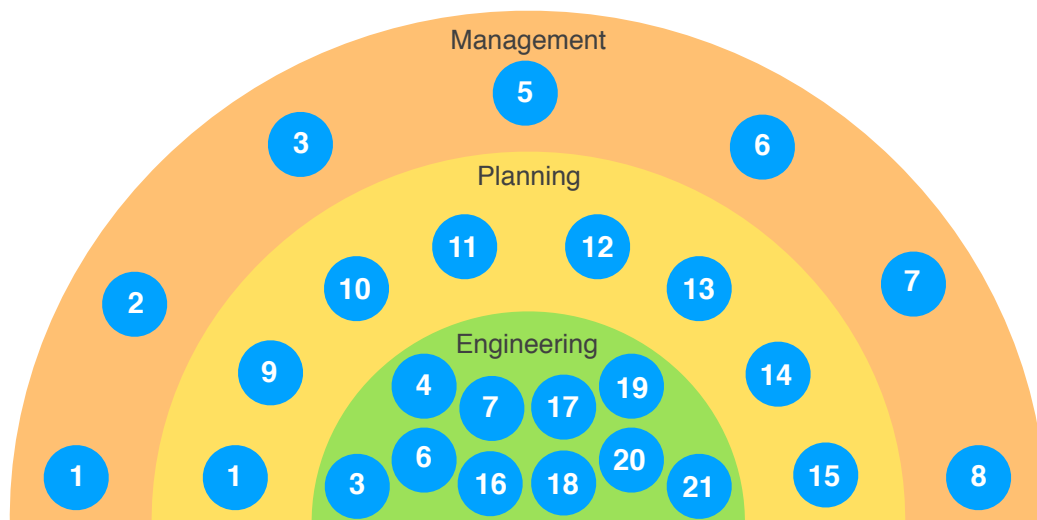
Figuur 13. Capaciteit overzicht. Aangepast overgenomen uit "AWL Planing NI 4.6.0" van AWL, 2018b, Harderwijk.

5.1 Knelpunten

De onderstaande knelpunten zijn vergaard door middel van observaties en interviews met de managers Engineering en planners ([vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd] et al., persoonlijke communicatie, 2018). De belangrijkste knelpunten zijn:

- 1 De doorlooptijden van de projecten zijn hoog. Gemiddeld duurt het engineeringsproces zo'n 75 dagen;
- 2 De projectbelangen komen niet overeen met algemeen AWL belang;
- 3 De Robot specifieke projecten, welke specifieke robot Engineers vereisen, zijn niet geleveld;
- 4 Het is onduidelijk wanneer er overdracht momenten zijn naar andere Engineeringsafdelingen;
- 5 Er is onvoldoende inzicht in de voortgang van projecten;
- 6 Het Engineeringsproces heeft een lange leercurve;
- 7 Kwaliteitsproblemen worden laat in het proces ontdekt;
- 8 Er zijn veel (betrokkenen bij) statusmeetings;
- 9 De werkdruk ervaren bij de planners is zeer hoog;
- 10 Veel spoedopdrachten;
- 11 Projecten zijn lastig te (her)plannen;
- 12 Complexiteit bij het toewijzen van engineers door gebrek aan inzicht in vaardigheden;
- 13 Het planningsproces bevat veel arbeidsintensieve handmatige handelingen;
- 14 De impact van nieuwe projecten of wijzigingen zijn slecht zichtbaar;
- 15 De data is onbetrouwbaar;
- 16 De werklust van Engineers is niet geleveld, zie Figuur 13;
- 17 Er is een hoge mate van rework, hiervoor zijn dedicated Support Engineers aangesteld;
- 18 De projectplanning sluit niet aan op de werkwijze van Engineering;
- 19 Er wordt terugkomen op eerder gemaakte keuzes;
- 20 Projecten worden opgestart met gebrekkige informatie;

Stakeholders

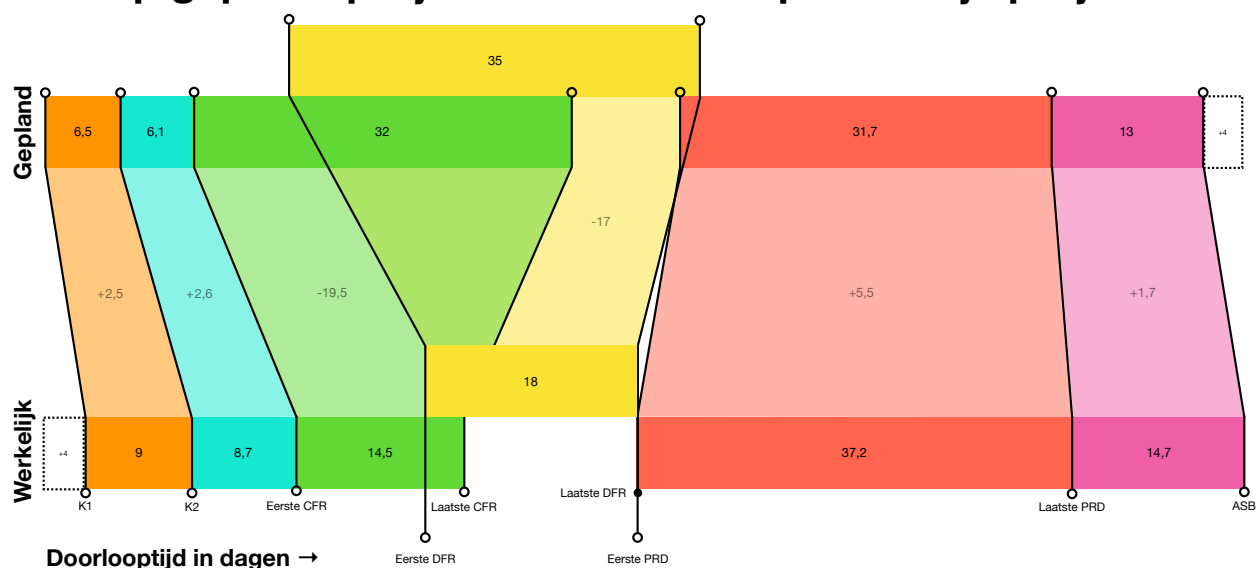


Figuur 14. Knelpunten per stakeholder

- 21** Kickoffs en concept freezes vinden regelmatig plaats vóór de geplande periode Engineering.

Deze knelpunten zijn in Figuur 14 gekoppeld aan de stakeholders.

Verloop gepland project versus verloop werkelijk project



Figuur 15. Verloop gepland project versus verloop werkelijk project in kalenderdagen

5.2 Projectproces

Figuur 15 geeft een inzicht in de geplande en werkelijke doorlooptijden tussen de verschillende milestones. De bovenste strook geeft de geplande doorlooptijden tussen de milestones weer, de onderste de werkelijke doorlooptijden tussen de milestones en de waarden ertussen het verschil in kalenderdagen.

Te zien is dat de K1 gemiddeld vier dagen en K2 gemiddeld zes-en-een-halve dag te laat beginnen. Dit resulteert in een verkorting van de beschikbare engineering-tijd.

Hiernaast volgen de CFR en de DFR elkaar korter op dan gepland. Dit is in Figuur 15 te zien aan de groen en gele strook.

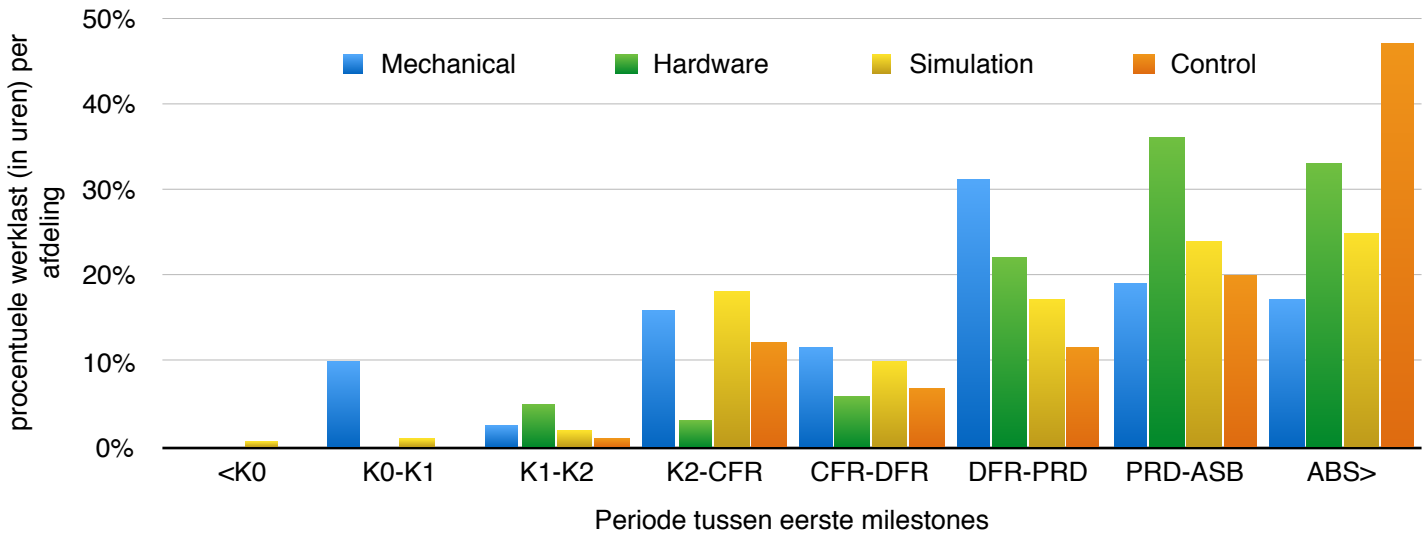
De werkelijke periode tussen de eerste PRD en de laatste PRD is gemiddeld vijf-en-een-halve dag langer dan gepland.

De ASB is gemiddeld vier dagen later dan gepland.

De correlatie-analyse laat een sterk positief verband (52% verklaarde variantie) zien tussen K1 en K2, een late K1 is dus voor 52% te verklaren door een late K2, een zwak positief verband (24% verklaarde variantie) tussen K1 en de eerste CFR en een zwak positief verband (22% verklaarde variantie) tussen K1 en ASB. Een late ASB is dus voor 22% te verklaren door een late K1.

De eerste CFR en eerste DFR laten een sterk positief verband (68% verklaarde variantie) zien en de laatste CFR en laatste CFR een zeer sterk positief verband (86% verklaarde variantie). Een latere CFR leidt dus tot een evenredig latere DFR.

Werklast per periode



Figuur 16. Workload per period Engineering (first release used). Aangepast overgenomen uit "Research strategic planning" van AWL, 2018c, Harderwijk.

Analyse uitgevoerd door [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Deze analyse is uitgevoerd door [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd], die een parallel onderzoek deed naar de werklast verdeling.

5.3 Workload

Figuur 16 geeft inzicht in de procentuele werklast verdeling (in uren) per afdeling tussen de milestones. In samenwerking met [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd] en zijn onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

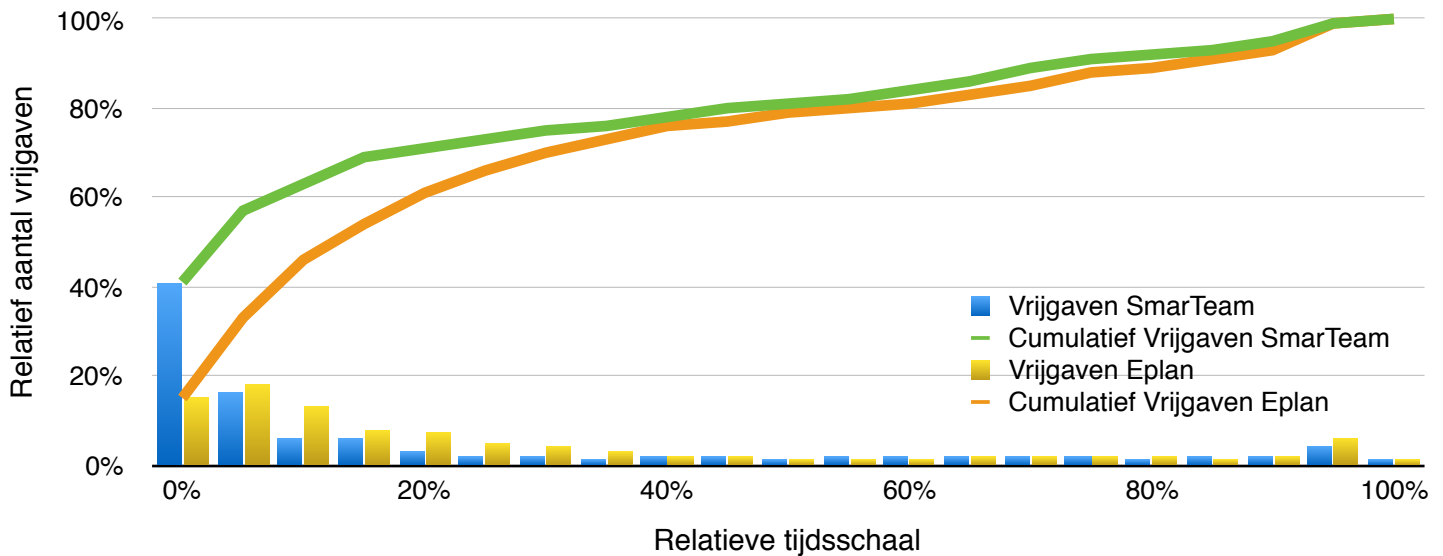
- Een groot deel van de uren wordt geboekt na de eerste PRD en zelfs na de ASB, Control Engineering is de enige afdeling waarvan verwacht wordt dat zij hier uren maken.
- Vergelijken met het Engineeringsproces is de volgorde van de werklasten van afdelingen in de perioden zoals verwacht: Mechanical Engineering heeft de eerste pieken in werklast, gevolgd door Hardware Engineering en Control Engineering. Simulation Engineering heeft zijn werkbelasting relatief

gelijk verdeeld over de perioden.

- Uit de analyse in paragraaf 5.2 is geconcludeerd dat de periode tussen K2 en de eerste PRD gemiddeld veel korter is dan gepland. Uit deze analyse kan worden geconcludeerd dat in deze periode de werklast lager is dan verwacht ([vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd], persoonlijke communicatie, 2018). De werklast verdeling meer naar het einde van het proces verschoven dan verwacht. Deze wordt door [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd] (persoonlijke communicatie, 2018) verklaart door de grote tijdsdruk om de CFR, DFR en PRD op tijd te leveren (de periode is korter dan gepland in de praktijk), wat resulteert in minder gewerkte uren en meer rework na de Release for

Production, wat de hogere werklast verklaart in latere perioden.

Distributie vrijgaven Engineering



Figuur 17. Distributie vrijgaven Engineering

5.4 Vrijgaven Engineering

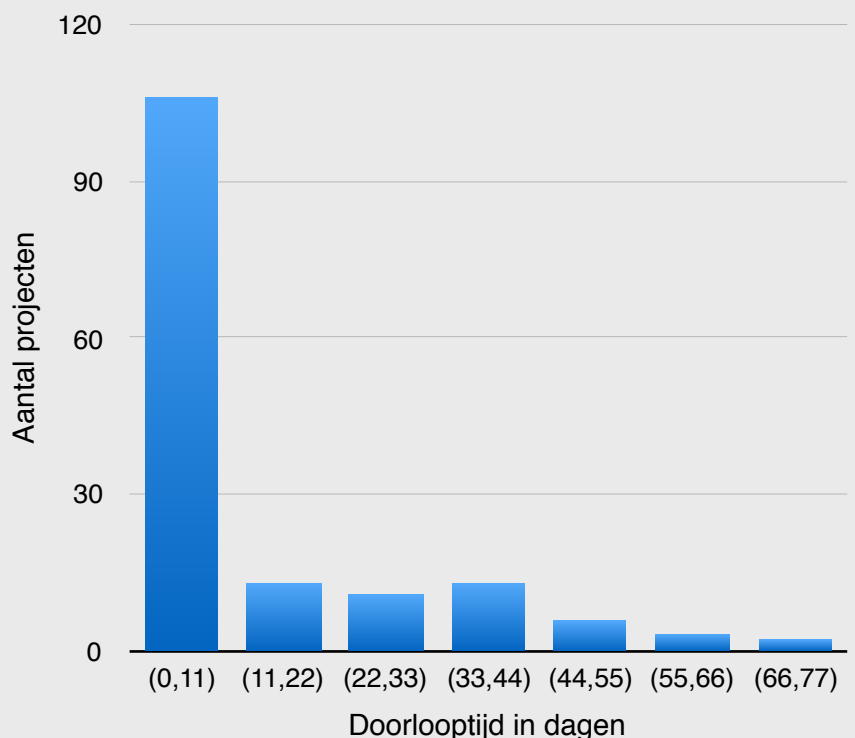
Een project kent meerdere Main Componenten (machine, mal, gripper of cel) en elk component heeft meerdere momenten van vrijgave van Engineering (versies). Figuur 17 geeft de distributie van de vrijgaven Engineering weer met een relatieve tijdschaal tussen de eerste vrijgave Engineering en de laatste vrijgaven Engineering van een project. Na 40 procent van de tijd zijn 80 procent van de vrijgave gedaan, de laatste 20 procent van de vrijgaven wordt gedaan in de laatste 60 procent van de tijd.

Opvallend is de 80-20 verdeling van eerste vrijgaven, de Pareto verdeling, die duidelijk zichtbaar is. 80 procent van de eerste vrijgaven worden gedaan in 20 procent van de tijd (zie bijlage H, Figuur 1).

De verhouding vrijgaven en wijzigingen is drie op één. Gedurende de hele periode worden er geleidelijk wijzigingen (lineaire cumulatieve lijn) in het ontwerp aangebracht (zie bijlage H, Figuur 2).

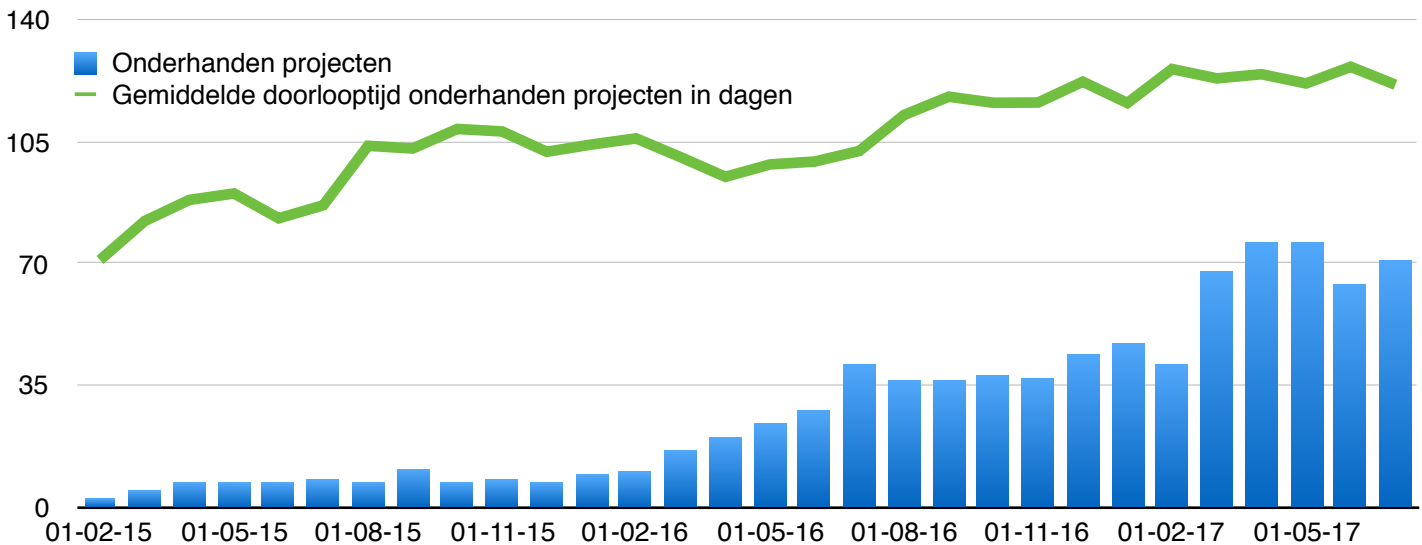
Doorlooptijd tussen Releases for Production

De doorlooptijd tussen de eerste en laatste Release for Production is gemiddeld 37 dagen. Een histogram van de doorlooptijd is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18. Histogram werkelijke doorlooptijd eerste en laatste Release For Production

Onderhanden projecten tussen K2 - ASB



Figuur 19. Onderhanden projecten tussen K2 - ASB

5.6 Doorlooptijd

Projecten met korte doorlooptijden vereisen minder planningswerk en zijn over het algemeen voorspelbaarder (Rajan Suri, 2010).

De projecten van AWL hebben lange doorlooptijden, in de periode jan-2015 en aug-2017 gemiddeld 106 dagen tussen K2 en ASB, en zijn hierdoor lastig te plannen. In Figuur 19 zijn de doorlooptijden en de hoeveelheid onderhanden werk van AWL van jan-2015 en aug-2017 weergegeven. Deze twee variabelen hebben een hoge correlatie (correlatiecoëfficiënt 0,8).

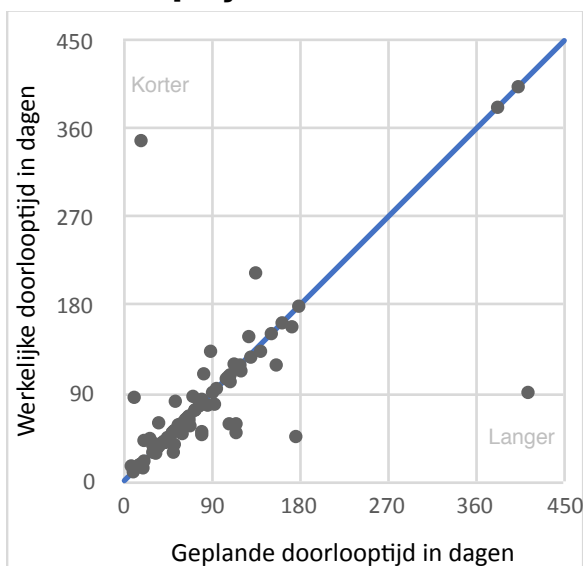
Little's Law bevestigt deze bevinding. John Little (2011) stelt dat er een verband is tussen de doorlooptijd en de hoeveelheid onderhanden werk. Volgens deze wet wordt bij een lagere hoeveelheid projecten en een gelijkblijvende doorvoersnelheid de gemiddelde doorloopsnelheid evenredig korter. Dit is terug te zien in Figuur 19.

Naast lange doorlooptijden hebben veel lopende projecten de volgende gevolgen:

- Hoge mate van werkkapitaal;
- Veel status meetings: wanneer iedereen in een team aan meerdere projecten tegelijkertijd werkt, worden er regelmatig voortgangsbesprekingen gehouden om te kijken welke vooruitgang er is geboekt en welke vervolgstappen er nodig zijn;
- Defecten welke laat in het proces (bijv. tijdens het assembleren) ontdekt worden, kunnen gevolgen hebben voor al het onderhanden werk, hoe meer onderhanden werk, hoe meer aanpassingen;
- Lange leercurve: er wordt pas geëvalueerd aan het einde van een project;
- Hoge mate van stress en tijdverlies door context-switching:

Context-switching is wat er gebeurt als we onze focus, tijd, aandacht en hersenvermogen over teveel objecten verdelen. Door te werken aan meerdere projecten tegelijk, wordt er tijd verspild om tussen de projecten te schakelen, in plaats van waarde toe te voegen aan het project. Volgens onderzoek van Gloria Mark (2008), kost het gemiddeld 23 minuten en 15 seconden om weer te focussen na een korte onderbreking. Hiernaast heeft context switching een aanzienlijke invloed op de stressniveaus van een persoon in termen van stres, frustratie, mentale inspanning en mentale belasting.

Doorlooptijd K2 - Last PRD



Figuur 20. Doorlooptijd K2 - Last PRD

Naast de hoeveelheid onderhanden werk wordt de doorlooptijd beïnvloed door de bezettingsgraad en de mate van variatie (zie 3.1.8 Kingmans equation). AWL produceert producten met een hoge variatie en de geplande bezettingsgraad bij Engineering is op dit moment 100%.

Dit resulteert in lange en onvoorspelbare doorlooptijden. Er vindt een trade-off plaats tussen een hoge bezettingsgraad en lage doorlooptijden. Dat de doorlooptijden onvoorspelbaar zijn is te concluderen uit Figuur 20 en Bijlage K - Figuur 2. Op de x-as is de geplande doorlooptijd weergegeven en op de y-as de werkelijke doorlooptijd. De spreiding van het verschil tussen de geplande en werkelijke doorlooptijden is groot.

Opvallend is dat enkele grote projecten precies volgens planning worden uitgevoerd.

Verklaarde variantie vraagparameters

	Werklast Mechanical Engineering	Werklast Engineering Eplan	Werklast Engineering Fluidplan	Werklast Robcad	Werklast Controls	Werklast Manual
Aantal cellen	5%	11%	2%	23%	9%	6%
Aantal secties	49%	49%	39%	28%	35%	56%
Aantal mallen	13%	19%	15%	43%	7%	13%
Aantal Grippers	64%	61%	39%	37%	40%	52%
Aantal Main Machine Object Elementen	45%	52%	36%	62%	30%	44%

Tabel 4. Verklaarde variantie vraagparameters

5.7 Vraagparameters

Deze paragraaf geeft antwoord op de vraag welke parameters invloed hebben om de werklust en de doorlooptijd. Zodat aan de hand van deze parameters vooraf aan het proces te bepalen is wat de doorlooptijd en werklust is. Tijdens het vooronderzoek zijn de volgende vraagparameters geselecteerd:

- Aantal cellen;
- Aantal mallen;
- Aantal grippers.

En hier zijn later de volgende parameters aan toegevoegd.

- Aantal secties;
- Aantal Main Machine Object Elementen.

De correlatie van deze parameters met de werklust, de geschreven uren per afdeling, is weergegeven in Tabel 4. Om de gegevens te interpreteren kan er gebruik gemaakt worden van Tabel 5.

Te zien is dat het aantal secties, grippers en Main Machine Object Elementen een sterk verband heeft met de werklust van meerdere afdelingen (verklaarde variantie boven 50%).

Het aantal mallen in een project heeft een zwak verband met de doorlooptijd van een project (van K2 tot PRD). Deze is voor 18% te verklaren. Verder zijn er geen substantiële verbanden ontdekt tussen de doorlooptijden en de vraagparameters.

Verklaarde variantie	Interpretatie kracht verband
< 10%	zeer zwak
10 - 25%	zwak
25 - 50%	matig
50 - 75%	sterk
75 - 90%	zeer sterk
> 90%	uitzonderlijk sterk

Tabel 5. Interpretatie kracht verband. Aangepast overgenomen uit "10. CORRELATIE EN REGRESSIE" van Doorn P.K. & Rhebergen M.P., 2006, Universiteit Leiden, Leiden

Karakteristieken per productgroep

	Aantal projecten	Gemiddelde geboekte Engineering uren	Cumulatieve werklast per Engineer in werkdagen ¹	Gemiddelde doorlooptijd Engineering in werkdagen	Verbeter-potentieel in werkdagen	Verbeter-potentieel in tijd in procenten
<30% repetitie projecten	29	475,7	40,1	55,8	15,7	28,1%
30 - 70% repetitie projecten	110	379,0	24,5	63,0	38,5	61,1%
>70% repetitie projecten	136	194,6	17,0	34,3	17,3	50,4%

Tabel 6. Karakteristieken per productgroep

5.8 Productgroepen

Deze analyse kijkt naar de verhouding Touch Time, de tijd effectief besteed aan het project, en de Lead Time, de doorlooptijd tussen K2 en de laatste PRD, per productgroep. Projecten worden aan de hand van de mate van repetitie in het project aan een productgroep toegevoegd. De productgroepen zijn:

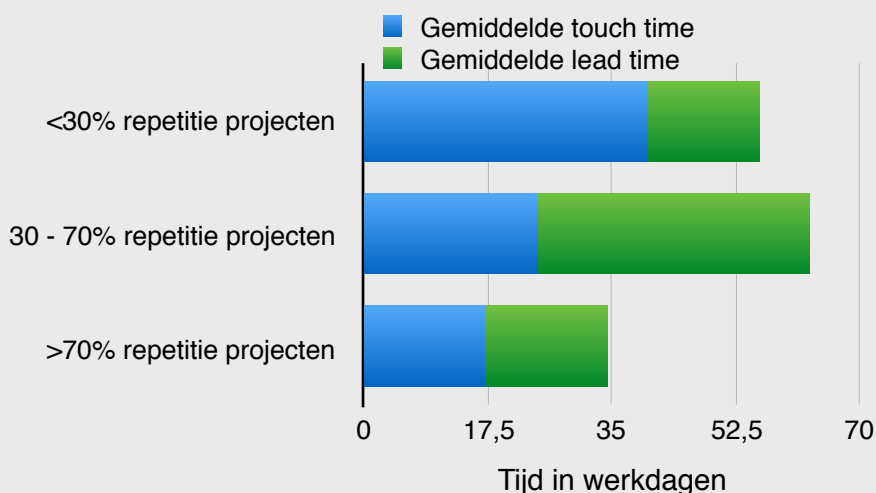
- <30% repetitie projecten;
- 30 - 70% repetitie projecten;
- >70% repetitie projecten.

Tabel 6 geeft de karakteristieken van de verschillende productgroepen weer inclusief het verbeter-potentieel in tijd.

Opvallend is dat de doorlooptijd van de 30 tot 70% repetitie projecten langer is dan de doorlooptijd van minder dan 30% repetitie projecten.

Verhouding Touch Time en Lead Time

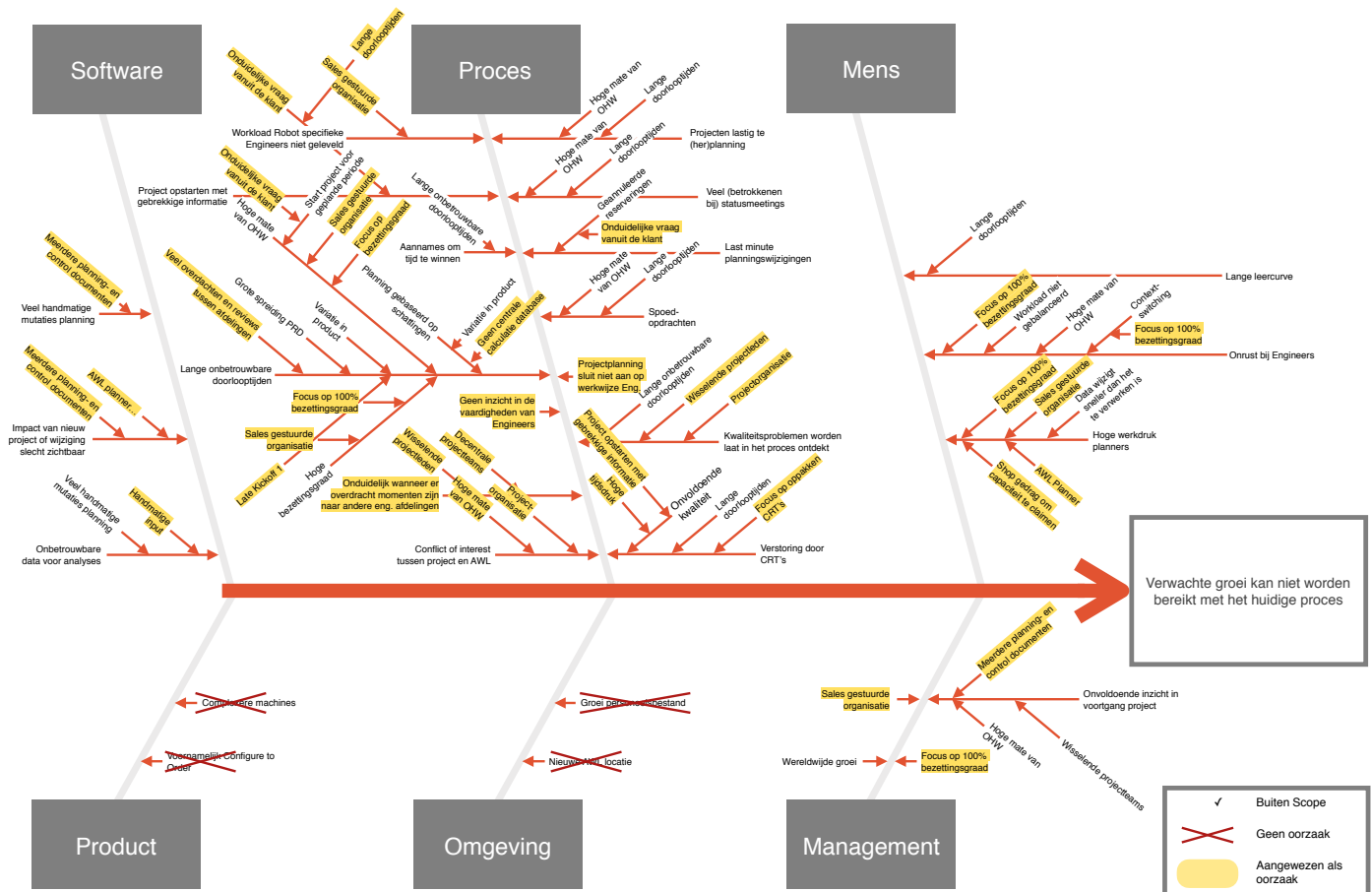
De verhouding tussen de Touch Time¹, de tijd “effectief” besteed aan het project, en de Lead Time, de doorlooptijd tussen Kickoff 2 en de Laatste Release for production, per productgroep is weergegeven in Figuur 21.



Figuur 21. Verhouding touch time en lead time per productgroep

¹ Som van de gemiddelde geschreven uren per project per Engineeringsafdeling gedeeld door het gemiddeld aantal engineers per project per afdeling. Bij gebrek aan inzicht in de tijd tussen de overdrachten tussen de afdelingen is aangenomen dat de afdelingen elkaar opvolgen. In werkelijkheid werken engineers van verschillende afdelingen tegelijkertijd aan een project. Hiernaast wordt meer dan 30% van de uren buiten deze periode geschreven. De gemiddelde touch time is werkelijk korter.

Ishikawa diagram



Figuur 22. Ishikawa diagram

5.9 Oorzaken

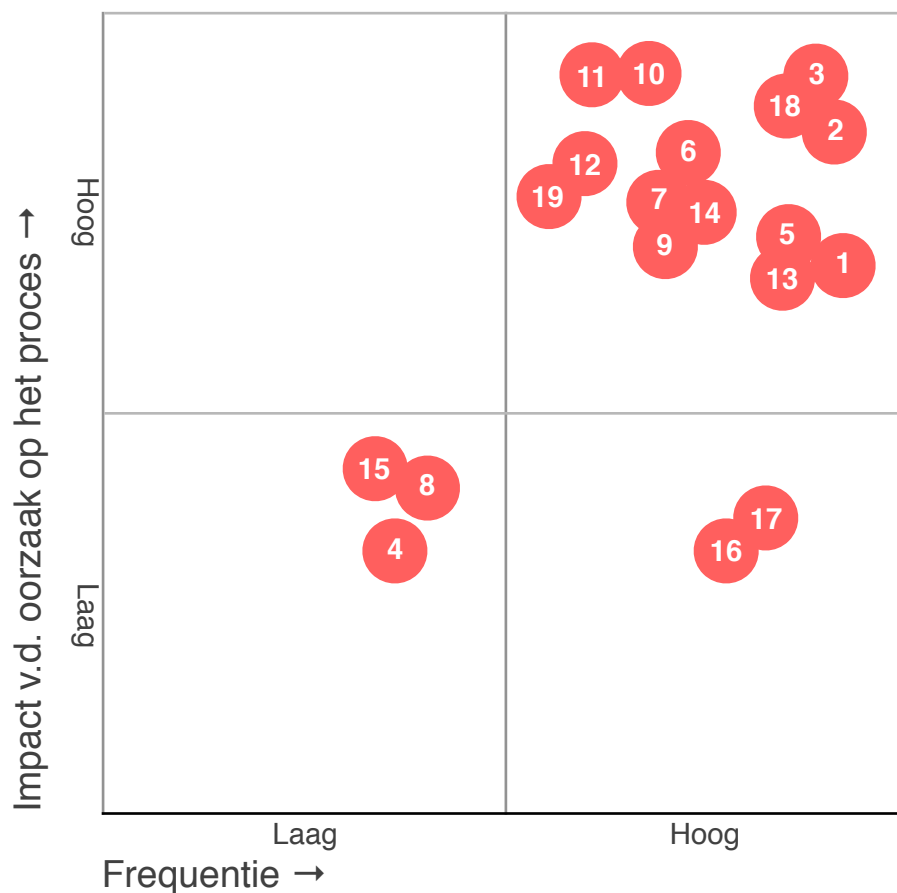
Vanuit de Five Times Why analyse en de Ishikawa diagram, zie Figuur 22, zijn er een aantal oorzaken aangewezen.

In Figuur 23 wordt de prioritering van deze oorzaken aangegeven in een impact-frequentiematrix.

De oorzaken met grootste impact en frequentie zijn:

- Sales (push) gestuurde organisatie;
- Focus op 100% bezettingsgraad;
- Decentrale projectteams.

Prioriteiten matrix



Figuur 23. Prioriteitenmatrix oorzaken

- | | | |
|---|---|---|
| 1 Het gebruik van meerdere planning- en control documenten; | 8 Matrixorganisatie; | 15 Geen inzicht in de vaardigheden van Engineers; |
| 2 Sales (push) gestuurde organisatie; | 9 Projectplanning sluit niet aan op werkwijze Engineering; | 16 Handmatige input data; |
| 3 Focus op 100% bezettingsgraad; | 10 Geannuleerde reserveringen; | 17 Late Kickoff 1; |
| 4 Shop gedrag om capaciteit te claimen. | 11 Onduidelijke vraag vanuit de klant; | 18 Decentrale projectteams; |
| 5 Arbeidsintensieve AWL planner; | 12 Geen centrale calculatie database; | 19 Wisselende projectleden. |
| 6 Focus op oppakken rework; | 13 Veel overdrachten en reviews tussen afdelingen; | |
| 7 Hoge tijdsdruk in concept- en design fase | 14 Onduidelijk wanneer er overdrachten zijn naar andere Engineering-afdelingen; | |

5.10 Conclusie

Gemiddeld beginnen de K1 en K2 en de eerste CFR vier tot negen dagen te laat. De late ASB is voor 22% te verklaren door een late K1.

De CFR en DFR van een project volgen elkaar korter op dan gepland. De werklast is tijdens deze fases laag. Uit de correlatie-analyse is gebleken dat de CFR en DFR een hoge correlatie hebben. Een late CFR lijdt dus tot een evenredig late DFR.

De periode tussen de eerste PRD en laatste PRD is gemiddeld 6 dagen langer dan gepland. Na 40 procent van de tijd zijn 80 procent van de vrijgave gedaan, de laatste 20 procent van de vrijgaven wordt gedaan in de laatste 60 procent van de tijd. De verhouding vrijgave-wijziging is drie op één.

De werklast verdeling laat zien dat de meeste uren geschreven worden aan het einde van het proces. Ter illustratie: Mechanical Engineering, Hardware Engineering boeken gemiddeld 35%, 65% en 70% van de uren na de eerste Release for Production.

Binnen Engineering wordt sterk de focus gelegd op het oppakken van rework, waarvoor Support Engineers zijn aangesteld, en welke ongepland en zonder proces door de afdeling gaan.

De grote hoeveelheid projecten en de lange doorlooptijden zorgen voor het merendeel van de ervaren knelpunten.

De hoeveelheid projecten en de doorlooptijden worden voornamelijk beïnvloed door de focus op een 100% bezettingsgraad, de sales (push) gestuurde organisatie en de grote mate van overdrachten tussen de afdelingen.

De doorlooptijden van het engineeringproces kunnen minimaal met 50% verkort worden voor projecten met meer dan 70% repetitie wanneer deze projecten sequentieel gepland worden. Bij de overige productgroepen is het verbeter-potentieel in tijd minimaal 60% (30-70% repetitie projecten) en 28% (<30% repetitie projecten). De doorlooptijd van 30-70% repetitie projecten is langer dan minder dan 30% repetitie projecten.

Hiernaast zorgt het gebruik van meerdere planning- en control documenten, een decentrale calculatie database en de foutgevoelige en arbeidsintensieve AWL planner ervoor dat er onvoldoende inzicht is in de voortgang van een project en de impact van nieuwe of gewijzigde projecten.

De communicatie binnen de projectteams wordt belemmerd doordat de projectleden op verschillende locaties aan het project werken, hierdoor dienen er vaker overleggen gepland worden en gaat de communicatie voornamelijk telefonisch en digitaal.

De automotive industrie kenmerkt zich door onduidelijke veranderende vraagspecificaties, dit is binnen AWL terug te zien in de geannuleerde reserveringen, wijzigingen tijdens engineering, het opstarten met gebrekkige informatie en de aannames die

gedaan worden om tijd te winnen.

De analyse laat zien dat de geselecteerde vraagparameters een sterk verband hebben met de werklast van een aantal afdelingen. Door het selecteren van de juiste parameters is het mogelijk om van te voren te bepalen wat de werklast is voor een betreffende afdeling.

6. Tegenmaatregelen

In dit hoofdstuk worden er tegenmaatregelen gepresenteerd welke aansluiten op de oorzaken genoemd in hoofdstuk 5. In paragraaf 6.1 worden de eisen vanuit het Strategisch Programma, de probleemanalyse en de centrale vraag weergegeven. Paragraaf 6.2 gaat in op het ontwerpproces van de tegenmaatregelen. De tegenmaatregelen zijn gecategoriseerd in twee categorieën: tegenmaatregelen voor problemen door lange doorlooptijden in paragraaf 6.3 en tegenmaatregelen voor plan- en control problemen in paragraaf 6.4. In paragraaf 6.5 wordt een keuze gemaakt uit de tegenmaatregelen en het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie in paragraaf 6.6.

6.1 Programma van eisen

AWL heeft met het Strategisch Programma de eisen bepaalt voor de toekomstige situatie van de operationele planning. Deze zijn:

- alle activiteiten gepland;
- minder verstoring door ongeplande activiteiten
- flexibel;
- focus op operatie;
- betrouwbaar;
- planning gebaseerd op producten en diensten;
- de planning kan gerealiseerd worden door minder mensen in minder tijd;
- real time inzicht in de voortgang van een project;
- just in time aanwijzen van teamleden op basis van vaardigheden;
- wereldwijd toepasbaar.

Vanuit de probleemanalyse kunnen we dit aanvullen met de volgende eisen:

- reductie van de doorlooptijd van minimaal 30%;
- minder onderhanden werk;
- gebalanceerde workload;
- gereduceerde procesvariatie.

Vanuit de centrale vraag dienen de tegenmaatregelen binnen zes maanden te implementeren zijn. Gecombineerd dienen de tegenmaatregelen de betrouwbaarheid van het engineeringsproces binnen 6 maanden met 10% verhogen.

6.2 Ontwerpproces

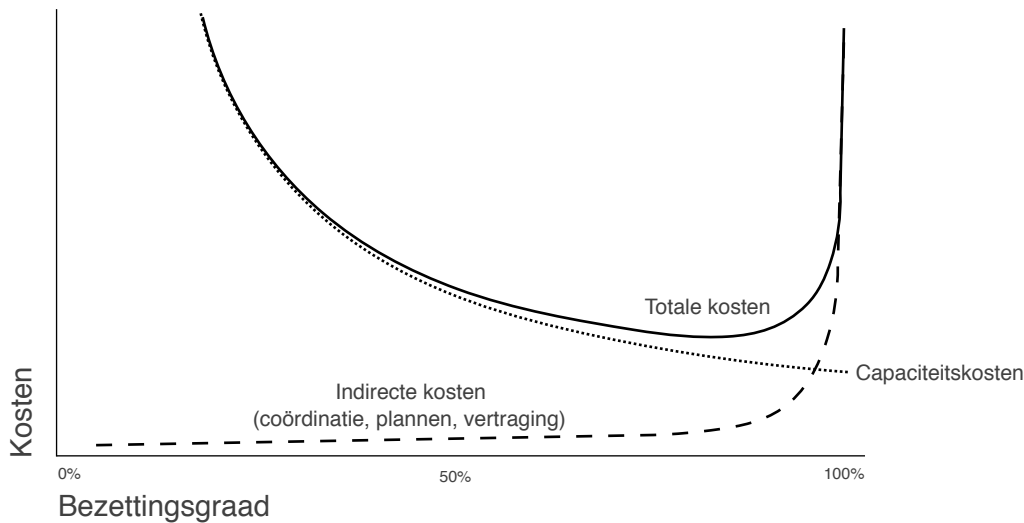
Om de gevonden problemen en oorzaken aan te pakken en de doelstelling te behalen, worden er tegenmaatregelen opgesteld. Deze zijn gebaseerd op de theorie beschreven in hoofdstuk 3, de ontwikkelingen van het Strategisch Programma en de gesprekken met de stakeholders. Door middel van brainstormsessies is er een long list gecreëerd, deze is getoetst aan het programma van eisen en de filosofie van de in hoofdstuk 3 beschreven theorieën. Hieruit is een short list ontstaan. De ontworpen en geselecteerde tegenmaatregelen worden in de volgende paragrafen beschreven.

6.3 Tegenmaatregelen voor problemen door lange doorlooptijden

Lange doorlooptijden zorgen voor het merendeel van de ervaren knelpunten en hoge indirecte kosten. De volgende tegenmaatregelen reduceren de doorlooptijd:



Relatie tussen kosten en bezettingsgraad



Figuur 24. Relatie tussen kosten en bezettingsgraad. Aangepast overgenomen van "Utilization and Productivity" van Superscript z.d. (<http://www.superscript.com/article/utilization-and-productivity/>)

1 Reduceren bezettingsgraad

AWL produceert producten met een gemiddelde variatie en de geplande bezettingsgraad is op dit moment 100%. Vanuit de Kingman's equation en de gevonden oorzaken wordt aanbevolen om de bezettingsgraad te reduceren.

De huidige werkwijze resulteert in lange en onvoorspelbare doorlooptijden en er is hierdoor geen regelcapaciteit beschikbaar om de aankomst- en proces-variatie op te vangen. Er vindt een trade-off plaats tussen een hoge bezettingsgraad en lage doorlooptijden.

Denk hierbij aan files, deze ontstaan door toenemende drukte en door optredende variatie. Hoe meer voertuigen op de weg (hogere bezettingsgraad), hoe eerder er files ontstaan.

Hiernaast zorgt een hogere bezettingsgraad voor lage capaciteitskosten, maar de indirecte kosten, waaronder de

Voordelen

- + 47,8% reductie doorlooptijden;
- + minder overwerk;
- + hogere flexibiliteit
- + verhoging on time delivery;
- + regelcapaciteit;
- + hogere medewerkerstevredenheid;
- + 20,5% reductie plan- en control-effort.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Nadelen

- gaat in tegen de traditionele managementfilosofie.

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

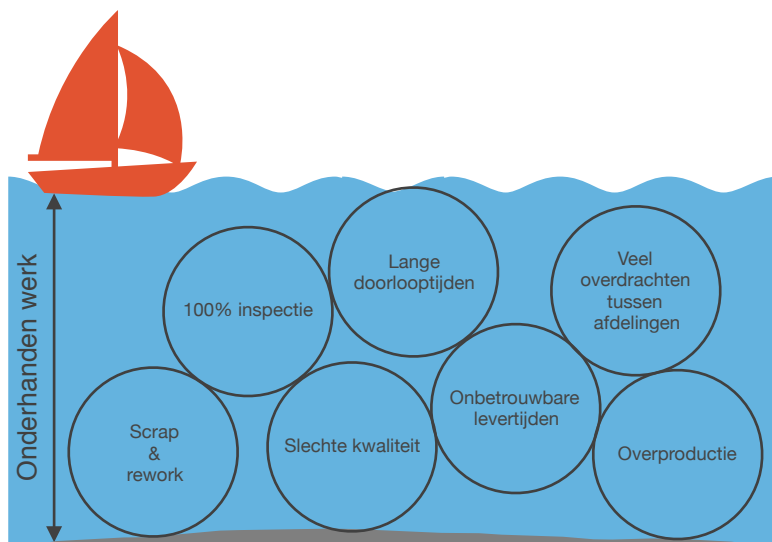
coördinatie en vertragskosten, stijgen exponentieel. Dit effect is weergegeven in Figuur 24. Bij meer variatie treedt dit effect eerder.

Bij de huidige werkwijze en variatie is het advies een maximale bezettingsgraad van 85% te plannen. Dit is exclusief teamleider. Wanneer de aankomst- en proces-variatie gereduceerd worden kan de bezettingsgraad verhoogd worden.

Het reduceren van de bezettingsgraad vereist een andere denkwijze. Om de medewerkers hieraan te laten wennen, wordt aangeraden deze stapsgewijs te verlagen.

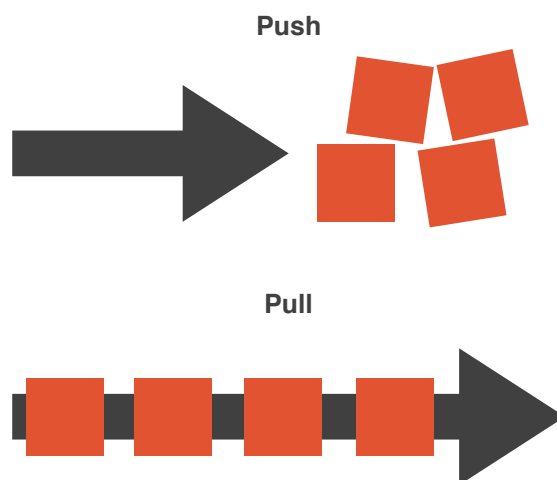
De vrijgekomen tijd wordt besteed aan nuttige niet tijdkritische activiteiten, zoals verbeterprojecten, of als regelcapaciteit.

Verhogen zichtbaarheid problemen



Figuur 25. Effect van veel onderhanden werk. Aangepast overgenomen van "Lean Manufacturing Tool Kit (A – L)" van Hands On Group, z.d. (<http://www.handsongroup.com/lean-manufacturing-tool-kit/>)

Push vs pull



Figuur 26. Push vs pull. Aangepast overgenomen van "The (True) Difference Between Push and Pull" van AllAboutLean, z.d. (<https://www.allaboutlean.com/push-pull/>)

2 Reduceren OHW & pull-systeem

De tweede tegenmaatregel voor het reduceren van de doorlooptijd is het verminderen van de hoeveelheid onderhanden werk. Deze tegenmaatregel is ontwikkeld vanuit de Lean theorie, Little's Law en de gevonden oorzaken. Deze theorieën stellen dat bij een reductie van de hoeveelheid onderhanden werk de doorlooptijd evenredig korter wordt.

Op dit moment zijn er 101 lopende projecten binnen engineering. Little's law stelt dat bij een doorlooptijd van 2 maanden en een doorloopsnelheid van 6 projecten per maand de voorraad onderhanden werk 12 is. Dit aantal van 12 projecten is terug te zien in het aantal effectief gestarte projecten, te zien aan het aantal statusrapporten. De overige 89 projecten zijn al wel opgestart en zorgen voor onnodige verstoring.

Door het reduceren van de hoeveelheid onderhanden werk worden de problemen eerder

Voordelen

- + 65,3% doorlooptijd reductie;
- + minder geïnvesteerd vermogen;
- + verbeterde focus;
- + hogere productkwaliteit;
- + gebalanceerde werklast;
- + 11,7% werklast reductie Engineering
- + minder rework
- + korter leercurve;
- + hogere flexibiliteit

- + verhoging on time delivery;
- + minder brandjes blussen;
- + bevordert continuous improvement;
- + 5,7% reductie plan- en control-effort.

Nadelen

- problemen worden niet meer gemaskeerd door de grote hoeveelheid onderhanden werk.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

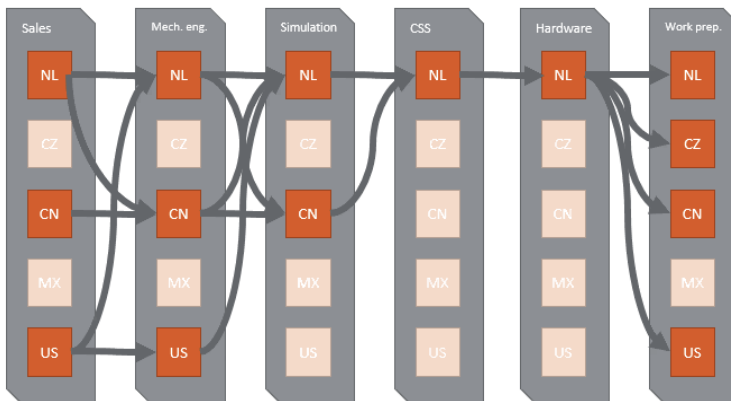
zichtbaar, dit is visueel weergegeven in Figuur 25. Het verlagen van het metaforische water (de hoeveelheid onderhanden werk) maakt de problemen zichtbaar, wat ervoor zorgt dat deze aangepakt kunnen worden en er een meer gestroomlijnd en responsief systeem ontworpen kan worden. Dit ondersteunt de continuous improvement filosofie van AIM100.

De process gatekeeper start projecten als er capaciteit is en

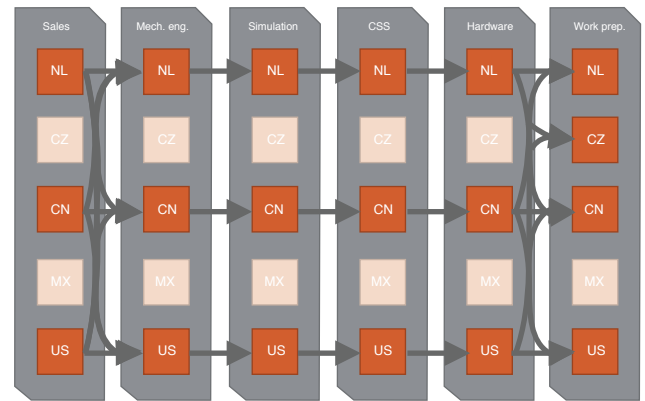
de benodigde basisgegevens voor engineering beschikbaar zijn.

Er worden geen projecten opgestart wanneer er geen capaciteit is of de benodigde basisgegevens niet aanwezig zijn. Hierdoor vindt er minder verstoring plaats van het al onderhanden werk.

Current routing



Future routing



Figuur 27. Routing proces over AWL Locaties wereldwijd. Aangepast overgenomen uit "Elaboration on planning with units V0" van AWL, 2018f, Harderwijk.

Figuur 28. Future Routing proces met vaste co-located projectteams over AWL Locaties wereldwijd.

3 Vaste co-located projectteams

De Lean theorie stelt dat rust en regelmaat ruimte creëert voor continu verbeteren. In de huidige situatie ontstaat er onrust doordat engineers aan meerdere projecten deelnemen en regelmatig wijzigingen plaatsvinden. Als gevolg hiervan zijn de teamleiders Engineering gemiddeld 12 uur per week per persoon bezig met het toewijzen van engineers aan projecten.

Een oplossing hiervoor is het samenstellen van vaste projectteams. Dit zorgt voor duidelijkheid en het projectteam raakt op elkaar ingespeeld.

De communicatie binnen de projectteams verbeterd doordat de leden op een centrale locatie aan het project te laten werken. Hierdoor ontstaan meer informele overleggen, minder geplande overleggen en digitale en telefonische communicatie.

Voor de shared resources zoals control engineering worden tijdsloten gereserveerd, hierdoor kan het projectteam zijn planning hierop aanpassen.

Voordelen

- + 12,8% doorlooptijd reductie;
- + minder overwerk;
- + hogere flexibiliteit door korte doorlooptijden;
- + 12,8% werklust reductie Engineering;
- + verhoging on time delivery;
- + hogere medewerkerstevredenheid;
- + 9,8% reductie plan- en control-effort.

Nadelen

- mindere flexibiliteit door restrictie locaties;
- vereist investeringen in China en de Verenigde Staten
- gaat in tegen de traditionele managementfilosofie.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Vier aspecten van organisatie

	Traditioneel	QRM	
1. Organisatie	Functioneel	Cellen	Het team brengt gehele proces tot einde. In productie en op kantoor.
2. Management	Top-Down	Team is leidend	Teams organiseren zelf het werk: planning, materiaal, etcetera
3. Teamleden	Gespecialiseerd	Breed inzetbaar	Vaardigheden om meerdere werkzaamheden binnen de cel uit te voeren.
4. Focus	Efficiency, bezettingsgraad	Tijd, tijd, tijd	De focus is op tijd. Dan komen resultaten op kwaliteit en kosten.

Tabel 7. Vier aspecten van organisatie. Aangepast overgenomen uit "SMAN3 Introductie QRM" [Lesmateriaal Minor] van Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, 2017d, Arnhem

4 Quick Response Office Cells en Focused Target Market Segmenten

Vanuit de QRM-theorie wordt er aanbevolen om Quick Response Office Cells (Q-ROC) en Focused Target Market Segmenten (FTMS) te creëren.

Q-ROC's zijn multifunctionele, crossgetrainde, co-located cellen, welke gewijd zijn aan alle office activiteiten die bij een FTMS of een product familie horen, met verantwoordelijkheid over alle handelingen (de taak blijft in de cel totdat alle taken en functies vervuld zijn) en toegewijd aan doorlooptijdreductie.

Q-ROC's zijn uitstekend geschikt voor processen met veel overdrachtsmomenten, trage/moeilijke communicatie, slechte of onvolledige input en onduidelijkheden over verantwoordelijkheden en werkzaamheden die bij een functie horen. De belangrijkste verschillen tussen de traditionele management filosofie en QRM zijn weergegeven in Tabel 7.

Voordelen

- + 86,4% doorlooptijd reductie;
- + korter leercurve;
- + hogere flexibiliteit
- + verhoging on time delivery;
- + 7,0% werklast reductie Engineering;
- + hogere productkwaliteit;
- + minder rework

- + verhoging medewerkerstevredenheid;
- + 20,1% reductie plan- en control-effort;
- + minder geïnvesteerd vermogen;

Nadelen

- grote impact op organisatie, door doorbreken van de klassieke bedrijfsstructuur.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

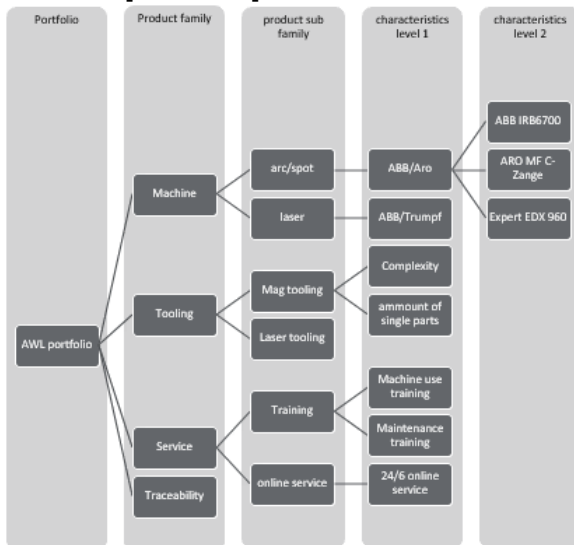
De Focused Target Market Segmenten voor AWL zijn bijvoorbeeld de opzet van de productfamilies van het Strategisch Programma, weergegeven in Figuur 29, of de mate van repetitie zoals besproken in hoofdstuk 5.

Alle CTO- en copy- projecten worden door één afdeling, de Q-ROC, afgehandeld. Door de minimale variatie van de projecten in deze productgroep kan het werk worden

afgehandeld door minder ervaren Engineers. Deze afdeling ondervindt geen hinder van de grote mate van variatie in <30% of 30-70% repetitie projecten. De Q-ROC is verantwoordelijk voor de volledige afronding van engineering van CTO-projecten.

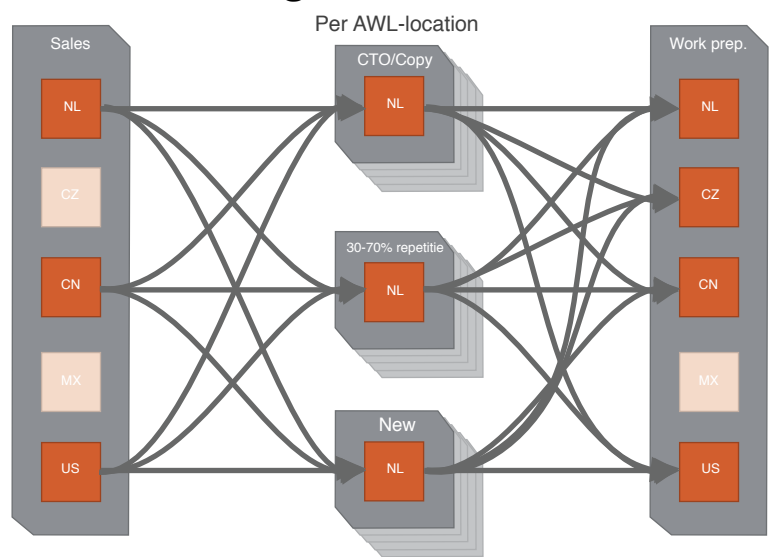
Afhankelijkheden van externe informatie worden geminimaliseerd en informatie wordt eenmalig door één persoon behandeld.

Example of product families



Figuur 29. Example of product families. Aangepast overgenomen uit "Elaboration on planning with units V0" van AWL, 2018f, Harderwijk.

Future routing



Figuur 30. Future routing met QROC's en FTMS

In de office cel is het team verantwoordelijk voor het bijhouden van de planning en de controle van het project. De eliminatie van gecentraliseerde taken versimpelt en versnelt het werk.

De studie van R. Suri, Society of Manufacturing Engineers Press, Dearborn, MI (2000) laat zien dat de implementatie van QRM aanzienlijke voordelen heeft. Deze studie is uitgevoerd onder voornamelijk mid-westerse productiebedrijven in de Verenigde Staten, waaronder John Deere. De gemiddelden van de resultaten zijn weergegeven in Tabel 8.

Verandering na implementatie QRM

Reductie doorlooptijd	71,1%
Reductie kosten	23,3%
Reductie kwaliteitsdefecten	61,0%
Verhoging on time delivery	31,4%
Reductie onderhanden werk	37,2%
Reductie supervisie	12,5%
Reductie planningseffort	29,9%

Tabel 8. Empirical Results for all Metrics. Aangepast overgenomen uit "What Kind of Numbers" can a Company Expect After Implementing Quick Response Manufacturing?" van Francisco Tubino en Rajan Suri, 2000, Madison.

8 verspillingen Lean



Defects

Verloren informatie,
rework



Overproductie

Te veel produceren,
te vroeg



Wachten

Autorisatie, decision-
making.



Ongebruikt talent

Onvolledig gebruik van
potentieel medewerkers



Transport

Verplaatsen van data
of mensen



Voorraad

Onafgemaakt werk,
ongelezen emails



Beweging

Zoeken, multitasken



Overbewerking

Meer werk dan nodig om
de klant tevreden te stellen

Figuur 31: 8 wastes lean. Aangepast overgenomen uit "Lean Series: Eliminating Waste at Home, the Office, & Beyond" van Gemba Marketing, z.d. (<http://gembamarketing.com/lean-series-eliminating-waste-at-home-the-office-beyond/>)

5 Plannen klant-contactmomenten

De klant-contactmomenten, de CFR en DFR, worden laat in het proces, op het moment dat de het ontwerp bijna gerealiseerd is, gepland. Hierdoor ontstaat een grote afhankelijkheid van de beschikbaarheid van de klant. Dit is een van de Lean verspillingen, weergegeven in Figuur 31.

De analyses in hoofdstuk 5 laten zien dat de contactmomenten gebundeld worden en de tijd tussen deze contactmomenten stabiel 11 dagen is. De afhankelijkheid van de klant kan gereduceerd worden door deze momenten vooraf al in te plannen.

Voordelen

- + 5% doorlooptijd reductie;
- + minder proces variatie;
- + rust en regelmaat.

Nadelen

- verhoging van de ervaren tijdsdruk.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard
verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard
verwijderd]

Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard
verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard
verwijderd]

Speedorders



Zonder speedorders



Figuur 32. Effect speedorders

6 Reduceren speedopdrachten

Speedopdrachten zorgen voor onnodige procesvariatie. Vanuit de theorie van QRM, Hopp & Spearman is tegenmaatregel zes ontworpen.

Vergelijk het Engineeringproces met een autoweg, zie Figuur 32, waar een ambulance met zwaailichten langskomt (speedorder). De overige weggebruikers (reguliere orders) parkeren hun voertuig netjes in de berm. Net wanneer zij weer de weg op willen draaien, komt er opnieuw een ambulance met zwaailichten langs...

Speedopdrachten zijn dus sterk verstrend voor de reguliere orders en zorgen voor kostbare prioriteringsoverleggen. Hiernaast geldt dat wanneer de doorlooptijden kort zijn, de noodzaak voor speedopdrachten minimaal is. Dit is het effect van de Response Time Spiral. Aanbevolen wordt om geen speedopdrachten plannen.

Voordelen

- + 5% doorlooptijd reductie;
- + reductie procesvariatie;
- + hogere flexibiliteit
- + verhoging on time delivery;
- + 7,5% reductie plan- en control-effort.

Nadelen

- vereist een grote discipline.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

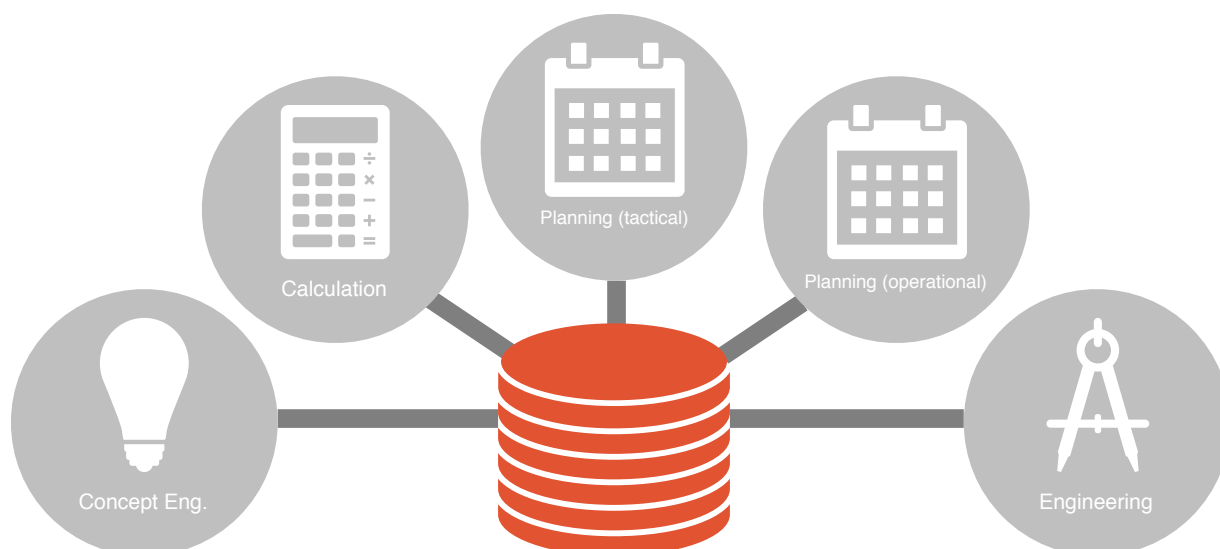
Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Shared database



Figuur 33. Shared database

6.4 Tegenmaatregelen voor plan- en control-problemen

7 Shared database: plannen met data

De analyse uit hoofdstuk 5 laat zien dat met de juiste parameters de workload per afdeling is in te schatten. Door het delen van de bestaande calculatie database en het selecteren van de juiste parameters kan de workload Engineering aan het begin betrouwbaar inschat worden en dient deze niet meer gecontroleerd te worden door de teamleiders op basis van ervaring.

8 Balanceren werklust

Projecten met verschillende werklusten en doorlooptijden zijn lastig in te plannen. Het balanceren van de werklust van alle (soorten) projecten zorgt voor een optimale flow en vergemakkelijkt het herplannen van projecten. Hier kan bij de verkopen van het project al rekening mee gehouden worden.

Voordelen

- + betrouwbare doorlooptijden;
- + minder overwerk;
- + verhoging on time delivery;
- + 9,6% reductie plan- en control-effort.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Voordelen

- + rust en regelmaat;
- + 5,0% doorlooptijd reductie;
- + 9,6% reductie plan- en control-effort;
- + creëert flow.

Nadelen

- niet mogelijk met alle projecten.

Implementatie kosten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Worst Case per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

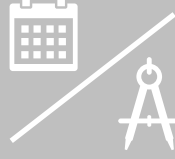
Snelheid van realisatie

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Return Most Likely per year

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Reduceren plan- en control-mediums

	 Concept Eng.	 Calculation	 Planning (tactical)	 Planning/Engineering	 Engineering
Medium	AWL Planner 2.0				
Contents	- Projects scope represented in pictures and text; - Delivery steps; - Customer Milestones; - Product process flow.	Budget per activity with a split on building location per component and with a split on hours and materials.	Adds start- and enddate per activity or per machine and jig.	Adds hours per activity per project.	Dashboard on management level concerning effectivity and available capacity.

Figuur 11. Huidige situatie offerte proces. Aangepast overgenomen uit "Elaboration on planning with units V0" van AWL, 2018f, Harderwijk.

9 Reduceren plan- en control-mediums

Vanuit de analyse komt naar voren dat het gebruik van meerdere plan- en control-mediums zorgt voor weinig inzicht in de impact van nieuwe en gewijzigde projecten, onbetrouwbare data en arbeidsintensieve handmatige mutaties. Geadviseerd wordt om het aantal verschillende plan- en control-mediums, waaronder de AWL-planner, te reduceren en deze samen te voegen.

Voordelen

- + minder planningsinspanning vereist;
- + impact zichtbaar van nieuwe projecten.

Implementatie kosten

-

Profit/loss na 2 jaar

-

Return on investment

-

Oplossing wordt al geïmplementeerd

-

Kosten en baten

[vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd]

Figuur 35. Kosten en baten per tegenmaatregel

6.5 Afweging en advies

De in de voorgaande paragrafen gepresenteerde tegenmaatregelen kunnen aanvullend aan elkaar worden geïmplementeerd, met uitzondering van tegenmaatregel 3 (vaste co-located projectteam) en 4 (Q-ROC's en FTMS). Waarbij tegenmaatregel 4 een uitbreiding is van tegenmaatregel 3.

De tegenmaatregelen zijn getoetst op haalbaarheid en impact, de uitkomsten hiervan zijn weergegeven in Figuur 36.

De tegenmaatregelen in de rechter bovenhoek zijn makkelijk te implementeren en hebben een grote impact, het zijn zogenoemde Quick Wins.

Tegenmaatregel 4, Q-ROC's en FTMS, heeft de voorkeur boven tegenmaatregel 3, door de grotere impact op het proces. De Q-ROC's en FTMS zijn uitstekend te combineren met tegenmaatregelen 1, 2, 6 en 8.

Tegenmaatregel 8, de shared database, kan uitstekend geïntegreerd worden in het toekomstige

planningsprogramma, tegenmaatregel 9, ter vervanging van de AWL Planner.

De kosten en baten per tegenmaatregel zijn weergegeven in Figuur 35.

Geadviseerd wordt om op lange termijn alle tegenmaatregelen, behalve tegenmaatregel 3, te implementeren. Deze tegenmaatregelen kunnen aanvullend aan elkaar geïmplementeerd worden en ondersteunen elkaar.

De grootste impact en hoogste haalbaarheid is te halen door het implementeren van tegenmaatregel 1, 2, 4 en 7. Geadviseerd wordt hiermee te beginnen met implementeren.

Gecombineerd hebben deze maatregelen een (Most Likely) besparing van € [vanwege de vertrouwelijke aard verwijderd] op jaarbasis.

6.6 Conclusie

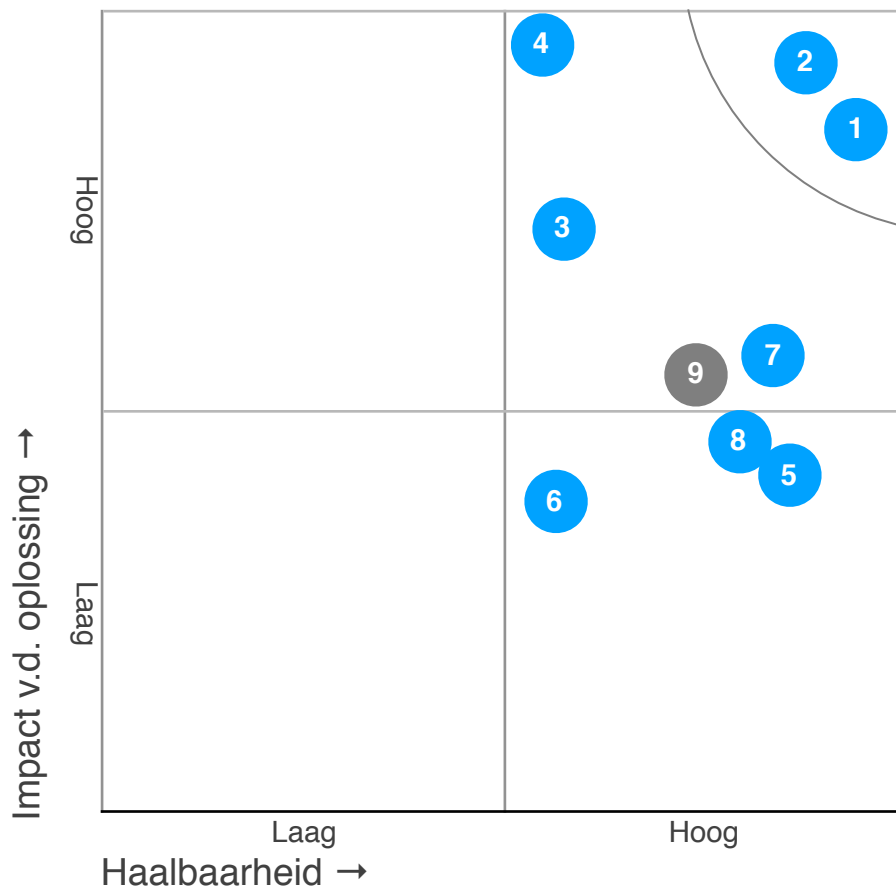
Tegenmaatregelen 1 t/m 6 en tegenmaatregel 8 verhogen de betrouwbaarheid van het engineeringsproces, door het reduceren van de proces variatie. Waarbij tegenmaatregel 4 de grootste bewezen impact heeft op de betrouwbaarheid.

Tegenmaatregelen 1 en 2, 'reduceren bezettingsgraad' en 'reduceren OHW & pull-systeem', hebben een hoge impact op het proces en worden zeer haalbaar geacht. Door geleidelijk de hoeveelheid projecten ontstaat er intuïtief een beweging om te verbeteren.

Tegenmaatregel 4, Q-ROC's en FTMS, heeft de grootste impact op het proces en tevens de langste implementatieperiode.

Alle ontworpen tegenmaatregelen voldoen aan het programma van eisen.

Haalbaarheid/impact matrix



Figuur 36. Haalbaarheid/impact matrix tegenmaatregelen

- 1 Reduceren bezettingsgraad;
- 2 Reduceren OWH & pull-systeem;
- 3 Vaste co-located projectteams ;
- 4 Quick Response Office Cells en Focused Target Market Segmenten;
- 5 Plannen klant-contactmomenten;
- 6 Reduceren spoedopdrachten;
- 7 Shared database: Plannen met data;
- 8 Balanceren werklust;
- 9 Reduceren plan- en control-mediums.

7. Implementatie

De implementatie van de tegenmaatregelen dient soepel en efficiënt uitgevoerd te worden. In dit hoofdstuk wordt een voorstel beschreven van de implementatie van de tegenmaatregelen 1, 2, 4 en 7 uit hoofdstuk 6. De tegenmaatregelen hebben een grote impact op de organisatie. Hiervoor is er in paragraaf 7.1 een helder implementatieproces beschreven. Aan de hand van de haalbaarheid/impact diagram is een implementatieplanning opgesteld, deze is weergegeven in paragraaf 7.2. De implementatieplanning wordt als ambitieus, maar haalbaar geacht. In paragraaf 7.3 wordt de implementatie planning gesynchroniseerd met het Strategisch Programma Planning.

7.1 Implementatieproces

Het implementatieproces start direct na een akkoord van het management. De implementatie van de tegenmaatregelen vereist de coördinatie van een ervaren implementatiemanager, welke al eerder QRM-projecten heeft geïnitieerd of hierin adequate training heeft gevolgd. Deze implementatiemanager leidt het verandertraject. Hij is de bewaker van het implementatieproces en brengt de nodige systeembekennis in om dit proces goed te laten verlopen.

Een succesvolle implementatie vraagt om een duidelijke visie en doelstelling. Dit is de eerste taak van de implementatiemanager.

Mede dankzij de grote impact op de organisatie is het van belang om de medewerkers vanaf het begin bij het project te betrekken. Voordat de tegenmaatregelen geïmplementeerd kunnen worden, dient er bewustwording, begrip en commitment gecreëerd te worden. Dit ontstaat door het bij voorkeur visueel maken van de problemen, uitleggen van de systematiek achter de tegenmaatregelen, het laten ervaren door middel van games of concrete

voorbeelden en waar mogelijk door co-productie.

De implementatie begint met een GAP-analyse (gap tussen de huidige situatie en de gewenste situatie), nulmetingen gefocust op tijd en het vormen van een projectteam. Een suggestie van de metingen is gegeven in bijlage 1 van de studie 'What Kind of "Numbers" can a Company Expect After Implementing Quick Response Manufacturing?' van Francisco Tubino en Rajan Suri (2000).

Onder leiding van de implementatiemanager bespreken de tactisch en operationeel verantwoordelijken de projectdoelstellingen, eisen, wensen, verwachtingen, risico's en de communicatie afspraken.

Voor het implementeren van de FTMS en de QROC's zijn minimaal de volgende activiteiten vereist:

- formuleren Focused Target Market Segments;
- formuleren taken Quick Response Office Cell;
- formuleren aantal leden QROC;
- opstellen vaardigheden matrix medewerkers (operationeel planner Engineering is hiermee gestart);



Verandermanagement



Figuur 37: Verschillende stappen, verschillende boodschappen. Aangepast overgenomen uit "VeranderManagement" [Lesmateriaal Minor] van Maarten de Groot, Hogeschool Arnhem en Nijmegen, z.d., Arnhem

- toewijzen medewerkers aan QROC's op basis van vaardigheden;
- Instrueren projectmanagers;
- Instrueren planners;
- Instrueren engineers;
- begeleiden QROC's.

Het reduceren van de bezettingsgraad is een eenmalige beslissing en vereist een overleg waarin de gewenste bezettingsgraad wordt bepaald en een instructie voor de tactisch en operationeel planners.

De implementatie van de tegenmaatregel 'Reduceren OWH & pull-systeem' vereist minimaal de volgende activiteiten:

- bepalen gewenste mate van onderhanden werk;
- inrichten pull proces;
- bepalen vereiste informatie project Kickoff 2;
- instrueren projectmanagers;
- instrueren planners;
- instrueren engineers;
- eventueel aanpassing software pakket.

De implementatie van de tegenmaatregel 'Plannen met data' vereist minimaal de volgende activiteiten:

- analyse historische data;
- selecteren planningsparameters
- instrueren planners.

Om het implementatieproces goed aan sturen voert de implementatiemanager elke twee weken, of vaker als het nodig is, overleg met het projectteam. Dit is het tweewekelijkse implementatie overleg.

7.2 Implementatieplanning

Aan de hand van de haalbaarheid/impact matrix, hoofdstuk 6: Figuur 37, is er een implementatieplanning opgesteld. Deze planning is weergegeven in bijlage P.

Voor het continueren van de operationele werkzaamheden van Engineering is een gefaseerde implementatie van belang. De planning is daarom opgedeeld in verschillende fases.

7.3 Synchronisatie

Strategisch Programma

Dit project is onderdeel van het Strategisch Programma Planning en dient gesynchroniseerd te worden met deze planning. Het Strategisch Programma Planning hanteert een gefaseerde implementatie middels verschillende plateau's. Het beschreven implementatie plan kan geïmplementeerd worden in plateau III, met als deadline eind 2018.

8. Conclusie

Het onderzoek wordt afgesloten met een antwoord op de centrale vraag in de conclusie in paragraaf 8.1. Aanbevelingen voor AWL zijn weergegeven in paragraaf 8.2.

8.1 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: *Hoe kan AWL de betrouwbaarheid van zijn operationele engineeringsplanningen binnen 6 maanden met 10% verhogen?*

De lange doorlooptijden en de 100% bezettingsgraad en de variatie compliceren het maken van een betrouwbare planning. Variatie wordt altijd gebufferd door voorraden, capaciteit, tijd of een combinatie hiervan. Dit onderzoek heeft zich gefocust op het reduceren van de aankomst- en proces-variatie.

Uit de huidige situatie is gebleken dat 74,4% van de milestones binnen het engineeringsproces tijdig worden uitgevoerd.

In de analyse fase zijn de geïdentificeerde knelpunten onderzocht, hieruit blijkt dat de hoeveelheid lopende projecten en de lange doorlooptijden zorgen voor het merendeel van de ervaren knelpunten. Dit wordt voornamelijk beïnvloed door de focus op een 100% bezettingsgraad, de sales gestuurde organisatie en de interactie en overdacht tussen de afdelingen. De communicatie binnen de projectteams

wordt belemmerd doordat projectleden op verschillende locaties aan het project werken.

Hiernaast zorgt het gebruik van meerdere planning- en control documenten, een decentrale calculatie database en de foutgevoelige en arbeidsintensieve AWL planner ervoor dat er onvoldoende inzicht is in de voortgang van een project en de impact op de planning van nieuwe en gewijzigde projecten niet inzichtelijk is.

De doorlooptijden van het engineeringsproces kunnen minimaal met 50% verkort worden voor projecten met meer dan 70% repetitie wanneer deze projecten sequentieel gepland worden. Bij de overige productgroepen is het verbeter-potentieel in tijd minimaal 60% voor 30-70% repetitie projecten en 28% bij minder dan 30% repetitie projecten. De doorlooptijd van 30-70% repetitie projecten is langer dan minder dan 30% repetitie projecten.

Uit de analyse van de geselecteerde vraagparameters blijkt dat het mogelijk is om van te voren te bepalen wat de werklast is voor een betreffende afdeling. Hiermee is de betrouwbaarheid van de

projectplanningen en capaciteitsplanning sterk te verhogen.

De ontworpen tegenmaatregelen reduceren de doorlooptijd aanzienlijk en verhogen daarmee de betrouwbaarheid van het engineeringsproces.

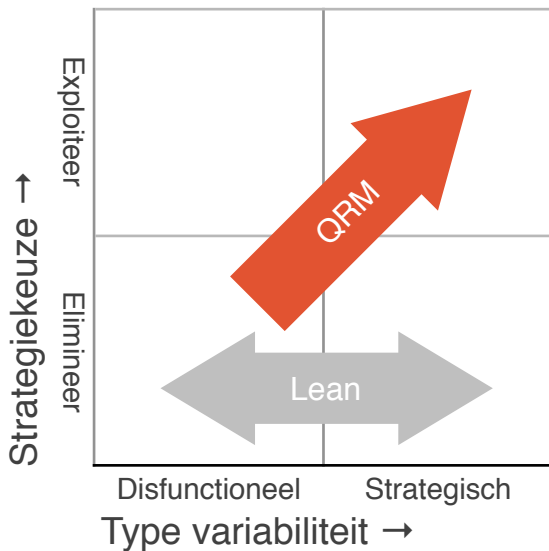
De betrouwbaarheid van de engineeringsplanning is op korte termijn te verhogen met 52 procent door het reduceren van de bezettingsgraad en de hoeveelheid lopende projecten.

De variatie in het proces is te reduceren door het plannen van klant-contactmomenten, het verder standaardiseren van machines, het reduceren van de spoedopdrachten en het balanceren van de werklust.

De implementatie van Focused Target Market Segmenten en Quick Response Office Cells heeft de grootste impact op het engineeringsproces. Deze maatregel is te implementeren binnen zes maanden en heeft bij vergelijkbare organisaties de

betrouwbaarheid van de on-time-delivery verhoogd met 31,4% (Francisco Tubino en Rajan Suri, 2000). Geconcludeerd kan worden dat de doelstelling van dit project hiermee behaald is.

‘Beyond lean’



Figuur 38. 'Beyond Lean'. Aangepast overgenomen uit "SMAN3 Introductie QRM" van Hogeschool Arnhem Nijmegen, 2017d, Arnhem.

8.2 Aanbevelingen

Original Equipment

Manufacturers, de klanten van AWL, kunnen nauwkeurig vooruit plannen tot zes maanden voor verkoop en operatie (EY, z.d.). Een verkorting van de doorlooptijd maakt het mogelijk dat de klanten van AWL later projecten kunnen opstarten, waardoor er meer informatie beschikbaar is en de periode waarin het ontwerp gevoelig is voor wijzigingen gereduceerd wordt.

De grootste uitdaging voor AWL is dat er moet worden afgerekend met het traditionele kostendenken, waarbij de efficiency per afdeling wordt gemeten. Hierdoor dekt elke afdeling zich in, ter nadele van de doorlooptijd.

Door de focus van kostendenken te verleggen naar doorlooptijd reductie ontstaan er logischerwijs kortere doorlooptijden, wat resulteert in een korte leercyclus, verhoogde kwaliteit van producten en processen, betrouwbare

planningen en uiteindelijk lagere kosten.

Geadviseerd wordt om alle tegenmaatregelen, behalve tegenmaatregel 3, te implementeren. Deze tegenmaatregelen kunnen aanvullend aan elkaar geïmplementeerd worden en ondersteunen elkaar. De implementatie van Quick Response Manufacturing, tegenmaatregel 4, ondersteund het huidige Lean-programma van AWL. Een substantieel verschil is dat QRM de variabiliteit exploiteert in plaats van elimineert, zie Figuur 38.

Mede dankzij de grote impact op de organisatie is het van belang om de medewerkers vanaf het begin bij de implementatie te betrekken. Voordat de tegenmaatregelen geïmplementeerd kunnen worden, dient er bewustwording, begrip en commitment gecreëerd te worden.

Verder onderzoek is vereist voor het selecteren van juiste

parameters om de werklust te bepalen.

9. Verklarende woordenlijst

Dit verslag bevat meerdere (technische) begrippen. Op deze pagina zijn de belangrijkste begrippen en definities te vinden.

Aankomstvariatie

Variatie in de input van een proces, bijvoorbeeld de variatie in de klantvraag;

A.W.L. Techniek Holding B.V

De holdingmaatschappij van AWL-Techniek B.V.;

ALW Group

Verzameling van bedrijven bestaande uit ICS, MechDes, AWL CZ, AWL CN, AWL NL, AWL MX en AWL US.

AWL Planner

AWL's eigen enterprise resource planning software;

Betrouwbaarheid

In het vooronderzoek gedefinieerd als: *aantal opgeleverde producten conform de planning / totaal aantal producten conform de planning x 100%*;

Bewerkingstijd

Tijd die nodig is om iets te bewerken;

Bezettingsgraad

Deel van de capaciteit dat gebruikt wordt, uitgedrukt in procenten van de totale beschikbare capaciteit (aan ruimte, productiemiddelen, beschikbare uren e.d.);

Calculation

Afdeling welke berekent hoe hoog de prijs van een project wordt (met inbegrip van de bijkomende kosten tot het op de plaats van bestemming is)

Cel

Zelfstandig werkende machine;

Concept Engineering

Afdeling welke een voorlopig ontwerp van een project opstelt;
Periode binnen het engineeringsproces, vanaf Kickoff 2 tot Concept Freeze, waarin het voorlopige ontwerp wordt opgesteld;

Concept Freeze

Contactmoment met de klant waarin het voorlopige ontwerp wordt besproken;

Configure-To-Order

Project welke geconfigureerd worden op bestelling, in plaats van ontworpen op bestelling;

Vervolg vorige pagina

Context-switching

Het verdelen van focus, tijd, aandacht en hersenvermogen over teveel objecten;

Copy

Project welke een meer dan 70% kopie is van een bestaand project;

Correlatie

De in meerdere of mindere mate bestaande onderlinge samenhang tussen twee reeksen van waarnemingen of verschijnselen;

Correlatie-analyse

Analyse welke zoekt naar een in meerdere of mindere mate bestaande onderlinge samenhang tussen twee reeksen van waarnemingen of verschijnselen;

Correlatiecoëfficiënt

Maat voor de correlatie tussen twee toetsingsgrootheden;

Design Freeze

Contactmoment met de klant waarin het definitieve ontwerp wordt besproken;

Doorlooptijd

Tijd tussen het begin en de voltooiing van een activiteit of proces;

Engineeringsafdelingen

Afdelingen van Engineering:

- Mechanical Engineering;
- Controls Engineering;
- Robot Controls;
- Simulation Engineering;
- Hardware Engineering;

Engineeringsdeliverable

Af te leveren product van Engineeringsafdelingen;

Engineeringsfase

Tijdperk of tijdelijke toestand in de engineering van een project;

Engineeringsproces

Proces vanaf Kickoff 2 tot aan Release for Production van de afdelingen: Mechanical Engineering, Controls Engineering, Simulation Engineering en Hardware Engineering;

Vervolg vorige pagina

Flow

Continue constante doorstroming van producten of diensten;

Focused Target Market Segment

Marktsegment waar mogelijkheden liggen voor een strategie op basis van een snelle respons;

Grijper (gripper)

Eenheid waarmee delen gemanipuleerd worden;

Ishikawa diagram

Tool om oorzaak/probleem relatie inzichtelijk te maken;

Kickoff 1

Kickoff project met de klant geïnitieerd vanuit projectmanagement volgens het TOR K1 format.

Kickoff 2

Kickoff met (lead)engineerings geïnitieerd vanuit projectmanagement volgens het TOR K2 format.

Knelpunten

Plaats waar een verloop, een ontwikkeling verhinderd wordt zich regelmatig voort te zetten, plaats waar in een gegeven situatie de moeilijkheid zit;

Lead Time

Zie doorlooptijd;

Lean

Managementfilosofie die klantwaarde centraal stel;

Little's Law

Wet welke gebruikt wordt om tussenvoorraden (WIP) en wachttijden te berekenen;

Main Machine Object Elements

Hoofdelement van een machine;

Mal (jig)

Machinedeel waarin producten worden opgespannen;

Onderhanden werk

Werk dat in uitvoering is;

Vervolg vorige pagina

Original Equipment Manufacturer, OEM

Producent van halffabricaten, zoals autodeuren, dat een producent koopt om te integreren in het eigen product;

Plan/control proces

In het plan en control proces wordt op een systematische manier inhoud gegeven aan het proces van richting geven (het besturen, plannen) en het op koers houden (beheersen, control) van de organisatie;

Planningsproces

Proces van het plannen van projecten, zoals beschreven in hoofdstuk 4.

Procesvariatie

Variatie welke optreed binnen een proces, bijvoorbeeld wisselingen van projectleden;

Productgroepen

Verzameling ('groep') producten, die tot één productcategorie behoren;

Quality Management Systeem

AWL's kwaliteitsmanagementsysteem waarin de meeste gestandaardiseerde processen van AWL staan beschreven;

Quick Response Manufacturing

Managementfilosofie die doorlooptijd verkorting centraal stelt;

Quick Response Office Cell

Een cel die functionele structuren doorbreekt, en waarin multifunctionele mensen bij elkaar zitten (cross-trainen).

Quick Win

Haalbaar snel te implementeren tegenmaatregel;

Vrijgave Engineering

Het (tijdelijk) vrijgeven van Engineeringsdocumenten in ELP (Eplan) of SmarTeam (Mechanical Engineering);

Release for Production

Het vrijgeven van Engineeringsdocumenten voor productie in ELP (Eplan) of SmarTeam (Mechanical Engineering);

Sectie (section)

Deel van een machine;

Vervolg vorige pagina

Start Assemblage

Meeting volgens TOR_Kick_off_Assembly format waarna gestart wordt met assembleren;

Strategisch Programma

Vijf programma's die AWL heeft opgezet om Vision2020 te realiseren. Een van de programma's is het opstellen van een planningsproces;

Touch Time

Tijd wanneer het product daadwerkelijk wordt bewerkt en de waarde wordt toegevoegd;

Variatiecoefficient

Gemiddelde afwijking van een rij getallen uitgedrukt in procenten van het rekenkundig gemiddelde van de gezamenlijke getallen;

Vision2020

AWL's visie welke bepaalt hoe de organisatie en processen er in 2020 uit zullen zien. AWL's visie voor 2020 luidt: *"To globally have an efficient, effective and intuitive process of project planning to enable an optimal utilization of resources and floor space supported by accurate overviews."*;

Werklast

Hoeveelheid werk in uren die door één persoon of afdeling verricht wordt.

10. Afkortingen

In dit verslag wordt gebruikt gemaakt van verschillende afkortingen. Op deze pagina zijn de definities van deze afkortingen weergegeven.

DLT

Doorlooptijd;

MS

Microsoft;

OHW

Onderhanden werk;

PT

Bewerkingstijd;

QMS

Quality Management System;

QRM

Quick Response Manufacturing;

S

Aantal bewerkingsstations;

S&OP

Sales en Operations Planning;

SC

Supply Chain;

TP

Output per tijdseenheid;

U

Bezettingsgraad;

VC_a

Variatiecoëfficiënt aankomst;

VC_b

Variatiecoëfficiënt bewerkingstijd;

WT

Gemiddelde doorlooptijd;

11. Literatuur

Gebruikte referenties en citaten worden hieronder vermeld.

AllAboutLean (z.d.). *The (True) Difference Between Push and Pull*. Geraadpleegd op 28 juni 2018, van <https://www.allaboutlean.com/push-pull/>

AWL (2017a). *Implementation plan planning v0.95*. Geraadpleegd op 15 maart 2018, van W:\OO\ID's\2017\ID17.001 Strategische programma's 2017\Protected workspace\01 Planning Process\1.08 Business Case & implementation plan

AWL (2017b). *Implementation Plan v.1. [Powerpoint]*. Geraadpleegd op 24 mei 2018, van W:\OO\ID's\2017\ID17.001 Strategische programma's 2017\Protected workspace\01 Planning Process\1.08 Business Case & implementation plan

AWL (2017c). *As Is planning v0.2. [Visio]*. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van W:\OO\ID's\2017\ID17.001 Strategische programma's 2017\Protected workspace\01 Planning Process\1.03 Workshop As Is

AWL. (2017d). *Business Case Planning v.1.1 [Excel]*. Geraadpleegd op 26 juni 2018, van W:\OO\ID's\2017\ID17.001 Strategische programma's 2017\Protected workspace\01 Planning Process\1.08 Business Case & implementation plan

AWL (2018a). *AWL corporate profile 2018 1.1*. Geraadpleegd op 19 maart 2018, van <http://brains/orchard/marcom>

AWL (2018b). *AWL Planning NL 4.6.0 [App]*. Geraadpleegd op 5 juni 2018, van Citrix AWL

AWL (2018c). *Research strategic planning*. AWL, Harderwijk.

AWL (2018d). *Overzicht Projecten_Disciplines_uren [Databestand]*. AWL, Harderwijk.

AWL (2018e). *Projecten K2 [Databestand]*. AWL, Harderwijk.

AWL. (2018f). *Elaboration on planning with units V0*. Geraadpleegd op 15 juni 2018 van W:\OO\ID's\2017\ID17.001 Strategische programma's 2017\Protected workspace\01 Planning Process\1.12 Plateau II

AWL (2018g). *Onderzoek Kamphuis [Databestand]*. Harderwijk: AWL.

AWL (2018h). *ProductionAnalysis. [Databestand]*. Harderwijk: AWL.

AWL (z.d. a). *Afbeeldingen Macrom*. Geraadpleegd op 27 maart 2018, van <http://brains/orchard/marcom>

AWL (z.d. b). *Over AWL*. Geraadpleegd op 27 maart 2018, van <https://awl.nl/nl/over-awl>

AWL (z.d. c). *Quality Management System*. Geraadpleegd op 25 maart 2018, van <http://brains/orchard/AIM100/standardized-solid-processes/quality-management-system>

Vervolg vorige pagina

Company-info (2018). *A.W.L. Techniek B.V.*. Geraadpleegd op 27 maart 2018, van <https://company-info.windesheim.idm.oclc.org/id/080587110000>

De Groot, M (z.d.). *Verschillende stappen, verschillende boodschappen* [Lesmateriaal Minor]. Geraadpleegd op 1 juli 2018, van <https://onderwijsonline.han.nl/>

Doorn P.K. & Rhebergen M.P. (2006). *10. CORRELATIE EN REGRESSIE*. Geraadpleegd op 29 juni 2018, van <http://www.let.leidenuniv.nl/history/RES/stat/html/les10.html>. Universiteit Leiden, Leiden.

Douglas H. Grabenstetter & John M. Usher (2014). *Developing due dates in an engineer-to-order engineering environment*, International Journal of Production Research, 52:21, 6349-6361, DOI: 10.1080/00207543.2014.940072

Enterprise Resilience Blog. *SOP implementation: how are companies doing?* Geraadpleegd op 19 maart 2018, van http://enterpriseresilienceblog.typepad.com/enterprise_resilience_man/2012/01/sop-implementation-how-are-companies-doing.html

EY (z.d.). *EY meeting the auto industry's capacity management crisis*. Geraadpleegd op 5 april 2018, van [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-meeting-the-auto-industrys-capacity-management-crisis/\\$FILE/EY-meeting-the-auto-industrys-capacity-management-crisis.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-meeting-the-auto-industrys-capacity-management-crisis/$FILE/EY-meeting-the-auto-industrys-capacity-management-crisis.pdf)

Financieel Dagblad (2016). *Met één automatisch lassyteem kan de klant wel veertig varianten maken*. Geraadpleegd op 24 maart 2018, van <https://fd.nl/ondernemen/1153385/met-een-automatisch-lassyteem-kan-de-klant-wel-veertig-varianten-maken>

Francisco, T. & Rajan, S. (2000). *What Kind of "Numbers" can a Company Expect After Implementing Quick Response Manufacturing?* Center for Quick Response Manufacturing University of Wisconsin, Madison.

Gemba Marketing (z.d.). *Lean Series: Eliminating Waste at Home, the Office, & Beyond*. Geraadpleegd op 28 juni 2018, van <http://gembamarketing.com/lean-series-eliminating-waste-at-home-the-office-beyond/>

Glenday, I (2008), *Breaking Through to Flow*. Lean Enterprise Academy, Llandudno

Grit R. (2014). *Projectmanagement*. Noordhoff, Groningen

Hands On Group (z.d.). *Lean Manufacturing Tool Kit (A – L)*. Geraadpleegd op 28 juni 2018, van <http://www.handsongroup.com/lean-manufacturing-tool-kit/>

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (2017a). *FS-MAN02 balanceren VT20170928* [Lesmateriaal Minor]. Geraadpleegd op 10 april 2018, van <https://onderwijsonline.han.nl/>

Vervolg vorige pagina

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (2017b). *CS07MAN Factory Physics VT* [Lesmateriaal Minor]. Geraadpleegd op 10 april 2018, van <https://onderwijsonline.han.nl/>

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (2017c). *Lean in Dienstverlening* [Lesmateriaal Minor]. Geraadpleegd op 19 maart 2018, van <https://onderwijsonline.han.nl/>

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (2017d). *SMAN3 Introductie QRM* [Lesmateriaal Minor]. Geraadpleegd op 19 maart 2018, van <https://onderwijsonline.han.nl/>

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (2017e). *CS06MAN Factory Physics VT* (Lesmateriaal Minor). Geraadpleegd op 10 april 2018, van <https://onderwijsonline.han.nl/>

Hopp W, Spearman M (2000). *Factory Physics*. McGraw-Hill Education, London

Kingman, J. F. C. (1961). *The single server queue in heavy traffic*. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Cambridge.

Lean Enterprise Academy (2014). *Every Product Every Cycle in Production*. Geraadpleegd op 20 maart 2018, van <https://www.slideshare.net/LeanUK/every-product-every-cycle-in-production-ian-glenday-lscf-050607-ppt>

Liker, Jeffrey (2004), *The Toyota Way*. McGraw-Hill Education, Columbus

Little, J (2011). "Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary", Geraadpleegd op 11 april 2018, van www.informs.org/content/download/255808/2414681/file/little_paper.pdf
Marijn Mulders (2014), *111 Managementmodellen*. Noordhoff, Groningen

Mark, G. (2008). *The Cost of Interrupted Work: More Speed and Stress*. Department of Informatics University of California, Irvine. Geraadpleegd op 24 mei 2018, van <https://www.ics.uci.edu/~gmark/chi08-mark.pdf>

Modelmatig (z.d.), *DESTEP analyse*. Geraadpleegd op 22 maart 2018, van <https://modelmatig.nl/marketing/externe-analyse/destep-analyse/>

Noordhoff (z.d.) *Risicoanalyse onderzoek*. Geraadpleegd op 20 april 2018, van hoadd.noordhoff.nl/sites/7554/_assets/7554d05.xlsx

Schmula (z.d.). *What is mura*. Geraadpleegd op 20 maart 2018, van <http://www.shmula.com/what-is-mura/22818/>

Superscript (z.d.) *Utilization and Productivity*. Geraadpleegd op 2 juli 2018, van <http://www.superscript.com/article/utilization-and-productivity/>

Vervolg vorige pagina

Suri, R (2010), *It's about time*. Taylor & Francis Group, New York

