



Lesbrief

Doe-opdracht Fokker

Hoe produceer je foutloos en efficiënt landingsgestellen?

Lesbrief Fokker

Hoe produceer je efficiënt en foutloos landingsgestellen?



Inhoudsopgave

Praktische informatie van de opdracht.....	2
Achtergrondinformatie	4
De les	6
Opdrachten voor leerlingen	13
Bijlagen	24

Lesbrieven Brainport digibieb


Deze lesbrief maakt deel uit van een serie lesbrieven om ontwikkelingen van bedrijven in de Brainportregio in de klas te brengen. De lesbrieven zijn 'los' in te zetten, maar ook als praktische opdracht in de vaklessen te gebruiken. De opdrachten zijn op school uit te voeren met weinig voorbereiding. Daarnaast is bij iedere opdracht een thuisopdracht beschreven die de leerlingen kunnen uitvoeren als zij thuis onderwijs volgen.

Colofon

Dit lesmateriaal is ontwikkeld in opdracht van Lianne Savelberg-van den Wittenboer, Sr. projectleider Onderwijs bij Brainport Development N.V, in samenwerking met [Bedrijf in de Klas](#). Heb je vragen of wil je de werkbladen in een bewerkbaar bestand ontvangen dan kun je contact opnemen via info@lereninbrainport.nl.

Datum publicatie: april 2021

Praktische informatie van de opdracht

Thema	Techniek
Gekoppelde vakken	Techniek, wiskunde, natuurkunde, bedrijfseconomie, informatica
Doelgroep	Bovenbouw vmbo, havo en vwo Maar met aanpassing ook voor andere doelgroepen in te zetten.
Eindtermen	<p>Naast het werken aan vakoverstijgende thema's en de oriëntatie op leren en werken (vmbo) en de algemene vaardigheden bij domein A (havo/vwo) meer specifiek:</p> <p>vmbo</p> <ul style="list-style-type: none">• wiskunde: meetkunde, geïntegreerde wiskundige activiteiten <p>havo</p> <ul style="list-style-type: none">• Wiskunde: wiskunde in technologie• Natuurkunde:<ul style="list-style-type: none">○ technische automatisering○ natuurkunde en technologie○ Onderzoek en ontwerp <p>vwo</p> <ul style="list-style-type: none">• Informatica: B1 algoritmen• Natuurkunde: onderzoek en ontwerp
Leerdoel(en)	Leerlingen maken kennis met hydraulische systemen, methodes om foutloos te produceren en methodes om efficiënt te produceren.
Begeleiding	Voor opdracht A en B: docent techniek of handige toa Voor opdracht C: docent wiskunde of bedrijfseconomie of iemand die ervaring heeft op de werkvloer bij een bedrijf.
Tijdsduur	Losse opdrachten elk ongeveer één lesuur, maar uit te breiden tot een groter (vakoverstijgend) project
Benodigdheden	<p>A) Hoe maak je een hydraulisch systeem? Per groepje:</p> <ul style="list-style-type: none">• Twee spuitjes (10 mL / 50 mL)• Een verbindingsslang• Gekleurde vloeistof• Stevig karton• Lijm/plakband• Splitpenningen• Paperclip om kartonnetje aan de plunjer te maken• Stiften om de straaljager te tekenen <p>B) Hoe produceer je foutloos?</p> <ul style="list-style-type: none">• Vouwinstructie¹ en zie QR-code• Papier (A4).• Niet te dik, dat vouwt niet fijn• Schaar 

	<ul style="list-style-type: none"> • Karton, hout, papier en knutselspullen om mallen en hulpmiddelen mee te maken <p>C) Hoe richt je zo efficiënt mogelijk een productielijn in?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vouwinstructie¹ en zie QR-code bij B • Papier (A4): niet te dik, dat vouwt niet fijn • Schaar • Karton, hout, papier en knutselspullen om mallen en hulpmiddelen mee te maken • Timer
Locatie	Een lokaal waarin je kunt knutselen (opdracht A) en waar je vliegtuigjes mag testen (opdracht B en C)

Doe- en denkopdrachten

Bij iedere opdracht zijn doe- en denkopdrachten in verschillende niveaus beschikbaar. Je kunt daardoor zelf differentiëren, passend bij jouw klas, tijd, lokaal en mogelijkheden.

Aan de hand van deze praktische opdracht kun je verder met de theoretische onderbouwing van het onderwerp, of je bouwt de opdracht verder uit tot een groter project van meerdere dagen, misschien wel samen met andere vakken – aan jou de keuze!

De opdrachten zijn allemaal geschikt om uit te breiden met een (online) gastles, een bedrijfsbezoek, of om op voort te borduren met een profielwerkstuk.

De opdrachten bouwen op in denkgraad:

Het achterliggende vraagstuk bij alle opdrachten is hetzelfde, maar ze lopen van A t/m ... op in moeilijkheidsgraad en ze gaan van meer doen naar meer denken. Een A-opdracht is een handelende opdracht – leerlingen maken kennis met het concept en ervaren hoe iets werkt. Een D-opdracht is theoretischer, leerlingen maken berekeningen maken of verwerken complexere informatie.

Je kunt de opdrachten goed combineren. Zo kun je leerlingen bijvoorbeeld eerst met opdracht A kennis laten maken met het concept en van daaruit met opdracht C de diepte in laten gaan.

Link met bedrijven

De opdrachten in deze lesbrieven zijn allemaal geschreven vanuit de uitdagingen van één van de bedrijven in de Brainport regio. Maar veel van die uitdagingen spelen ook bij andere bedrijven.

Heb je contact met een bedrijf? Vraag dan met welke uitdagingen zij te maken hebben en gebruik een vergelijkbare opdracht uit de digibieb!

Achtergrondinformatie

Het bedrijf: Fokker Landing Gear



Fokker Landing Gear is een bedrijf in Helmond dat onderdeel uitmaakt van GKN Aerospace. Zij zijn actief op het gebied van landingsgestellen en aanverwante systemen. Hiervoor ontwerpen, ontwikkelen, produceren en assembleren zij onder meer complete landingsgestellen. Ook voeren zij reparaties en revisies uit van systemen die in gebruik zijn. Zo maken zij onder andere onderdelen voor de F-35 Lightning II (JSF), de Apache gevechtshelikopter, de NH90 helikopter de Bombardier Dash 8 Q400 en het F-16 gevechtsvliegtuig.



Voor een Nederlands luchtvaartbedrijf van deze omvang hebben ze een unieke positie in het F-35 (JSF) programma verworven op basis van hun ontwerp en ontwikkelcapaciteiten. Daarnaast wordt er binnen FLG al ruim 15 jaar gewerkt aan de ontwikkeling van composietmateriaal dat kan worden toegepast in onderdelen van landingsgestellen. Daarmee dragen zij bij aan de ontwikkeling van betere, duurzame vliegtuigen. Fokker Landing Gear is één van de bijna 50 productiebedrijven die onder 'GKN Aerospace' vallen. Dit moederbedrijf levert onderdelen aan meer dan 90% van de fabrikanten van vliegtuigen en vliegtuig motoren.

Het project: Een efficiënt productieproces

Fokker Landing Gear maakt onder andere landingsgestellen. In deze landingsgestellen zijn hydraulische systemen onder andere verantwoordelijk voor het in- en uitklappen van de landingsgestellen.

Deze landingsgestellen moeten goed werken. Als hier een fout in sluipt of deze niet goed werken, kan dat veel schade aan het luchtvaartuig opleveren of zelf gevaar opleveren voor de inzittenden. Daarom is het belangrijk dat alle producten die Fokker Landing Gear aflevert, foutloos zijn bij aflevering.

Blijkbaar zijn de klanten tevreden – want FLG kan de vraag van de klanten nog maar net aan! Daarom werken ze niet alleen aan een foutloos productieproces, maar zijn ze ook continu bezig om hun processen efficiënter in te richten. Zo kunnen ze met evenveel mensen meer producten leveren.



De opdracht:

Hoe produceer je efficiënt en foutloos landingsgestellen?

Leerlingen maken in opdracht A kennis met hydraulische systemen en hoe je die in kunt zetten om een landingsgestel mee te maken.

In opdracht B richten de leerlingen een productieproces voor papieren straaljagers in. Maar wel zó, dat deze foutloos geproduceerd kunnen worden!

Omdat het productieproces bij Fokker Landing Gear niet alleen foutloos moet zijn, maar ook efficiënt denken de leerlingen in opdracht C na over hoe je een productieproces lean kunt inrichten – met verschillende werkstations waarvan de cyclustijden op elkaar zijn afgestemd.

De les

Introductie door de docent

- Maak zo mogelijk een link naar voorgaande lessen;
- Vertel de leerlingen over Fokker Landing Gear, landingsgestellen, hydrauliek, het belang van foutloos produceren en het lean inrichten van een productievloer (zie achtergrondinformatie);
- Beeldmateriaal dat je kunt inzetten om deze uitleg te ondersteunen, vind je hier:



Fokker landing gearⁱⁱ



F16 Landing Gear Demoⁱⁱⁱ



Waarom een foutloos landingsgestel nodig is^{iv}



Lean (Engels)^v

- Vertel de globale opzet van de opdracht.

Uitvoering

De opdracht bestaat uit diverse deelopdrachten. Deze horen bij elkaar, maar zijn ook los uit te voeren.

In deze lesbrief maken leerlingen in opdracht A kennis met een hydraulisch systeem in combinatie met een landingsgestel. Opdrachten B en C gaan over het inrichten van de productievloer. Waar opdracht A wel een mooi beeld geeft van wat Fokker Landing gear maakt, staat deze los van opdracht B en C. Deze laatste twee opdrachten sluiten wél heel mooi op elkaar aan en versterken elkaar. Maar ze zijn wel zo geschreven dat je ze los kunt inzetten.

Welke opdracht je kiest, bepaal jij afhankelijk van hoeveel tijd je hebt en waar jouw focus op ligt bij jouw leerlingen.

A) Hoe maak je een hydraulisch landingsgestel?

Leerlingen maken zelf eerst een eenvoudig hydraulisch systeem door twee spuiten aan elkaar te maken met een slangetje ertussen. Vervolgens maken zij met dat systeem een model van een in- en uitklapbaar landingsgestel.

B) Hoe produceer je foutloos?

Een landingsgestel is een belangrijk onderdeel van een vliegtuig, straaljager of helikopter. Als dit niet goed werkt, kan dat veel schade aan het luchtvaartuig opleveren of zelf gevaar opleveren voor de inzittenden.

In deze opdracht ontwikkelen leerlingen een werkwijze om foutloos De Beste papieren straaljager te produceren.

C) Hoe richt je zo efficiënt mogelijk de productievloer in?

Fokker Landing Gear gebruikt de 'lean manufacturing' methode om zo efficiënt mogelijk te produceren. Leerlingen maken kennis met deze methode door een proces lean te maken. Dit doen ze aan de hand van een productielijn voor papieren straaljagers.

Thuis-opdracht

Opdracht A kunnen leerlingen thuis uitvoeren, mits zij de benodigde materialen (spuitjes, slangetje, splitpennen, karton) hebben. Zo niet, dan hebben zij misschien wel ander constructiemateriaal waar hydraulische elementen in zitten. Laat ze (indien nodig) deze eerst ontdekken, daarna kunnen zij hiermee ook een (deel van een) landingsysteem maken.

Opdracht B kunnen leerlingen ook vanuit huis uitvoeren.

Opdracht C moet in groepsverband, dus kunnen de leerlingen niet thuis uitvoeren. Mocht je dit toch graag willen, vraag de leerlingen dan om een met een tekening een straaljager of landingsgestel te 'bouwen' en deze tekening online door te sturen.

Evaluatie

Bespreek met de leerlingen

- Wat vonden zij interessant aan de doe-opdracht?
Wat ging er goed? Wat zouden ze de volgende keer anders doen?
- Hoe zouden zij de onderdelen uit deze opdracht tegen kunnen komen in hun toekomstige beroep?
- Wat vinden de leerlingen interessant aan de uitdagingen van Fokker landing gear?
- Wat vinden de leerlingen interessant aan foutloos werken?
- Wat vinden de leerlingen interessant aan lean?
- Wat vinden de leerlingen interessant aan vliegtuigtechniek?
- Welke onderwerpen uit het boek zien zij bij deze opdracht terugkomen?
Waarom leren ze dat dus?

Tips voor de docent

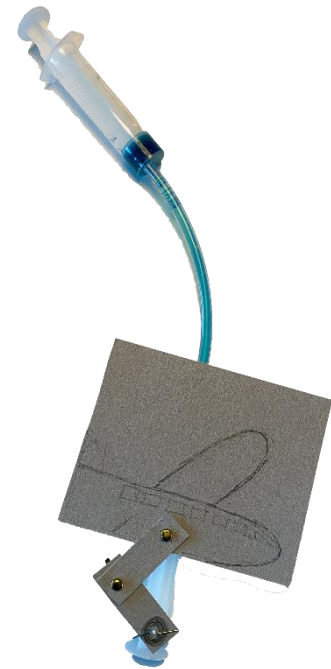
A) Hoe maak je een hydraulisch landingsgestel?

Bij het maken van het hydraulische systeem is het leuker om twee spuitjes van verschillende grootte te kiezen, bijvoorbeeld één van 10 en één van 50mL.

De verhouding waarin de spuitjes in- en uit gaan wekt nog meer verwondering op. Laat de leerlingen vooral ook even 'spelen' met het systeem!

Het hydraulische systeem werkt al goed met lucht. Maar (gekleurd!) water laat nog beter zien wat er gebeurt in het systeem.

Bij de opdracht zit een voorbeeld van een – heel eenvoudig – landingsgestel. Dat is al leuk om te maken. Maar leerlingen die hier handig in zijn kunnen misschien wel méér. Daarom is de opdracht zo geschreven, dat iedere leerling een basis landingsgestel kan maken, maar dat leerlingen ook uitgebreidere systemen kunnen maken.



Extra uitdaging

Hebben leerlingen veel ervaring met hydraulische systemen in technisch Lego of ander constructiemateriaal? Dan kunnen ze daar misschien ook een landingsgestel van maken.

B) Hoe produceer je foutloos?

Opdracht 1 en 2: Leerlingen vouwen een straaljager van papier. In de leerlingentekst staat een QR-code naar de vouwinstructie hiervoor. Deze instructie is niet heel makkelijk te volgen. Dat is de bedoeling! Een deel van de opdracht bestaat uit het verbeteren van deze instructie. Meestal heb je in de klas wel een paar leerlingen die veel (vliegtuigjes) hebben gevouwen – die lukt het wel om de straaljager te maken. Laat hen de andere leerlingen ook helpen en geef aan dat jullie een methode gaan ontwikkelen zodat iedereen De Beste straaljager kan maken!



Opdracht 3 t/m 7: De opdracht is opgedeeld in losse opdrachten. Je kunt de leerlingen met behulp van de informatie op de eerste pagina van de opdracht en de tips in het 'blauwe vlak' ook zelf aan de gang laten gaan. Of ze laten kiezen of ze deelopdrachten willen of niet.

Opdracht 6: Hierbij is het handig als leerlingen de vouwinstructie hebben liggen. Zij kunnen dan hierop verbeteringen aanbrengen. Neem indien mogelijk een lego-boekje mee. Dat zijn écht goede werkinstructies. Een voorbeeld van een beter uitgewerkte vouwinstructie vind je bij de QR-code^{vi}. Werk eventueel samen met beeldende vorming om de werkinstructie ook visueel beter te maken.



C) Hoe richt je zo efficiënt mogelijk de productievloer in?

Deze opdracht is zo geschreven, dat je deze losstaand kunt uitvoeren. Maar als de leerlingen eerst opdracht B hebben gedaan, kunnen de leerlingen opdracht 1 en 2 overslaan en krijgt opdracht 7 meer diepgang.

Opdracht 6: de cyclustijd is gelijk aan de taktijd x het aantal productielijnen dat tegelijk loopt.

Opdracht 7: de leerlingen hoeven niet te haasten. Ze mogen in een rustig tempo werken, mits ze binnen hun cyclustijd blijven. Hebben ze tijd over binnen de cyclustijd? Misschien kunnen ze dan iets overnemen van een ander die tijd tekort heeft of een extra controle uitvoeren.

Extra uitdaging: Hebben alle werkstations tijd over? Misschien kunnen ze dan ook de taktijd halen met één werkstation minder. Laat ze dan wel opnieuw berekenen hoeveel de taktijd is. De leerlingen hebben dan bespaard op personeel.

Verdieping en verbreding

Samen met bedrijven

- De opdracht kun je goed koppelen aan een **(online) bedrijfsbezoek of gastles** van Fokker Landing Gear of een ander maakbedrijf. Ook in veel andere technische systemen gebruiken ze hydrauliek. En heel veel (maak)bedrijven zijn bezig met lean. Maar ook banken en ziekenhuizen bijvoorbeeld!
- **Defensie** gebruikt de straaljagers waar Fokker Landing Gear aan werkt. In de Brainport digibieb staat voor Defensie een opdracht over het onderhouden van straaljagers. Je kunt deze opdracht dus ook koppelen aan een activiteit samen met Defensie.

Vakoverstijgende opdracht met

- **Scheikunde**
Bij een chemisch bedrijf is het inrichten van een productievloer complexer dan bij een 'mechanisch' bedrijf. Waar zou je extra rekening mee moeten houden? (veiligheid, vloeistofstromen etc).
- **Wiskunde**
Als je de productievloer écht lean hebt ingericht, zijn alle takt-tijden op elkaar afgestemd. Daar komt veel wiskunde bij kijken!
Maak het productieproces ingewikkelder en laat leerlingen bij de simulatie van het productieproces of bij een écht proces in een bedrijf (of school!) berekenen hoe lang de stappen duren en hoe ze het proces goed kunnen inrichten. Een heerlijke wiskunde-puzzel waarbij leerlingen niet alleen rekening moeten houden met de theoretische waarden, maar ook met afwijkingen!

- **Natuurkunde**
 - Op de NVON website staan tips om te rekenen aan hydraulische injectiespuiten (past bij opdracht A):
<https://www.nvon.nl/leswerk/proef-1m-122-hydraulisch-met-injectiespuiten>
 - Een schokdemper werkt ook obv hydrauliek. Zo kun je dus een grote kracht (vliegtuig komt op de grond) omzetten in een kleinere kracht. Wat zijn de gevolgen als een schokdemper niet goed werkt? Hoe kun je zorgen dat de schokdempers in een vliegtuig altijd goed werken? (onderhoud!)
- **Economie/bedrijfskunde**
Bespreek met leerlingen bij het implementeren van lean manufacturing hoe technische oplossingen een economische winst geven. Wanneer investeer je hier in? Wanneer levert het voldoende op? Dit zijn overigens ook mooie vragen om te stellen aan de operations manager (die gaat over de dagelijkse werk op de productievloer) en de financial controller (houdt de financiële inkomsten en uitgaven in de gaten) van het bedrijf.
- **Aardrijkskunde**
Als het proces geoptimaliseerd wordt, is Helmond dan nog steeds de beste locatie voor FLG?
- **Nederland/Engels/beeldende vorming**
In een bedrijf is het van groot belang dat medewerkers weten wat ze moeten doen. Focus daar tijdens een bedrijfsbezoek op: hoe krijgen medewerkers instructie? Hoe zorg je dat ook medewerkers die minder (of anders) talig zijn de instructies toch begrijpen en opvolgen? Hoe lopen de communicatielijnen in het bedrijf?
- **Engels**
Als medewerkers niet makkelijk en snel begrijpen wat ze moeten doen, verlies je daar ook tijd mee: ze doen langer over het lezen van instructies en de kans op fouten (die hersteld moeten worden) wordt groter. In de praktijk dat Engineers (HBO/Universitair) het systeem/product bedenken en de productie wordt gedaan door vaklieden (bankwerkers, draaiers, freezers, monteurs, etc.). De (Engelse) taal kan een barrière zijn en zorgen voor fouten als in de productie de betekenis van een woord niet goed geïnterpreteerd wordt. Hoe kunnen we er nu voor zorgen dat we dezelfde betekenis geven aan de taal die gebruikt wordt in bijvoorbeeld werkinstructies en standard operating procedures (<https://bureautromp.nl/in-5-stappen-naar-een-succesvolle-sop/>)?
- **Moderne vreemde talen**
Vraag, als je bij een bedrijf op bezoek gaat, ook of zij medewerkers hebben uit een engels-, frans- of duits-talig land of daar veel mee samenwerken. Leerlingen met een interesse in talen kunnen vragen voorbereiden en aan die medewerkers stellen. Denk hierbij aan cultuurverschillen, taalbarrière, vaktermen, verschillen in opleidingen, etc.

Als extra opdracht kunnen de leerlingen nog ervaren hoe het is om samen te werken in een internationaal consortium. Welke invloed heeft taal en cultuur op de samenwerking

- **LOB (samen met Engels)**

Op de website van GKN Aerospace – het moederbedrijf van Fokker Landing Gear – staan veel vacatures^{vii}, ook in Helmond. Welke vacatures zijn er?



Voor leerlingen met een niet-Nederlandse achtergrond

- Misschien heeft een bedrijf waar je op bezoek gaat ook Pools, Turkse of Arabisch sprekende medewerkers en heb jij leerlingen die die taal spreken. Vraag of deze medewerker juist die leerlingen in hun eigen taal wil vertellen wat het werk inhoudt, hoe belangrijk het is (of niet) om goed Nederlands te spreken etc.

Meer informatie over...

- Fokker landing gear



Fokker Landing Gear bij BV Brabant^{viii}



Verschillende beroepen bij FLG^{ix}



FLG zet in op technische vrouwen^x

- Landingsgestellen



how it's made landing gear^{xi}



Informatie over de constructie van het landingsgestel op zweefvliegopleiding.nl^{xii}



Hydrauliek^{xiii}

- Lean



Lean met lego: Dit is altijd een leuk filmpje om te laten zien^{xiv}



Uitgebreide lean uitleg (video)^{xv}



Lean op wikipedia^{xvi}



De verspillingen die je bij Lean wil elimineren^{xvii}

Opdrachten voor leerlingen

A) Hoe maak je een hydraulisch landingsgestel?

Fokker Landing Gear in Helmond maakt – zoals de naam al zegt – landingsgestellen voor de luchtvaart en defensie. Deze landingsgestellen zijn hydraulische systemen. Bij zo'n hydraulisch systeem wordt door middel van vloeistoffen (vaak olie) beweging en kracht overgebracht.

In het onderstel van een vliegtuig wordt het oa gebruikt voor het in- en uitklappen van de wielen.

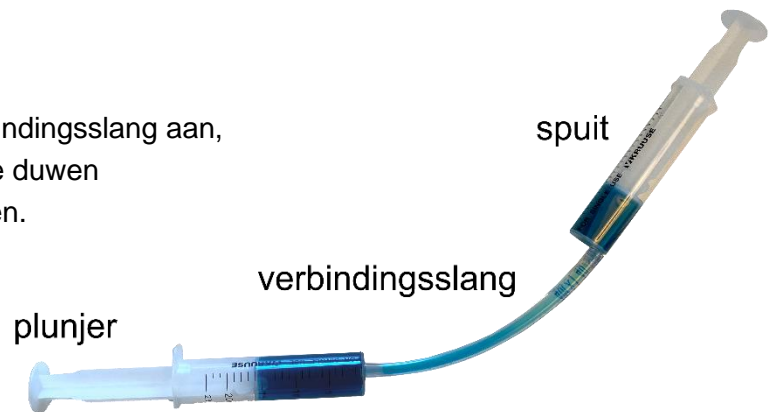


In deze opdracht maak je zelf een eenvoudig model van een in- en uitklapbaar landingsgestel op basis van een hydraulisch systeem.

1. Vraag aan je docent

- Twee spuit
- Een verbindingsslang
- Gekleurde vloeistof

2. Sluit de spuit zo op de verbindingsslang aan, dat je door de ene plunjer in te duwen de andere plunjer laat bewegen.
Test je systeem.



Je hebt nu een hydraulisch systeem gemaakt: met behulp van de druk van de vloeistof kun je met de ene spuit op afstand de plunjer van de andere spuit laten bewegen.

FLG maakt – onder andere – van zo'n principe gebruik bij het laten uitklappen van het landingsgestel.



3. Bouw zelf op basis van jouw hydraulische systeem een 'landingsgestel' waarbij wielen kunnen uit- en inklappen.
Een voorbeeld zie je hiernaast.

Het landingsgestel dat jij hebt gemaakt is natuurlijk minder ver ontwikkeld dan dat van Fokker Landing Gear.

4. Benoem minimaal drie dingen die anders zijn bij een echt landingsgestel ten opzichte van die van jou.

Mijn model van een landingsgestel verschilt hierin van een echt landingsgestel:

- 1.
- 2.
- 3.



Extra uitdaging

Op de foto zie je een hele eenvoudige versie van een landingsgestel. Kun jij dat beter? Doen!

In deze video^{xviii} – waarin ze een landingsgestel testen – zie je dat bijvoorbeeld dat:



- er een knik in de arm zit;
- er meerdere wielen tegelijk uitklappen;
- ook de kleppen van het vliegtuig hydraulisch gestuurd worden;
- het landingsgestel automatisch aangestuurd wordt.

Maak jouw landingsgestel zo echt als jij kan!

B) Hoe produceer je foutloos?

Een landingsgestel is een belangrijk onderdeel van een vliegtuig, straaljager of helikopter. Als dit niet goed werkt, kan dat veel schade aan het luchtvaartuig opleveren of zelf gevaar opleveren voor de inzittenden.

In deze video^{xix} zie je hoe een vliegtuig (een Boeing 747-400) een noodlanding maakt nadat het voorste landingsgestel niet uitklapt.



De landingsgestellen die Fokker Landing Gear maakt, moeten daarom voldoen aan de hoogste kwaliteitseisen – ze moeten foutloos zijn bij aflevering (!). De productielijn van FLG is dan ook zo ingericht dat fouten nauwelijks voor kunnen komen en eventuele fouten die toch ontstaan tijdig opgemerkt en hersteld worden.



In deze opdracht ontwikkel je zelf een werkwijze om foutloos te produceren. Wij doen dat niet aan een landingsgestel, maar aan een papieren straaljager: een F-22 raptor.

1. Vouw van een A4 een straaljager volgens deze instructie^{xx}:
2. Test de straaljagers. Welke vliegt het verste en het beste?
Dat is De Beste Straaljager!



Jullie gaan een werkwijze ontwikkelen zodat iedereen De Beste Straaljager kan vouwen.

Om foutloos te produceren, kun je een aantal dingen doen, bijvoorbeeld:

- Werk met een paar 'extra ogen': laat iemand meekijken het goed gaat.
- Gebruik hulpmiddelen zoals bijvoorbeeld **mallen** of **meetmiddelen**.
- Controleer tussentijds of je tussenproduct aan de eisen voldoet. Doe dat visueel, maar gebruik ook meetmiddelen etc.
- Eindinspectie: test je product aan het einde en herstel eventuele onnauwkeurigheden
- Zorg voor een goede **werkinstructie**.

Deze methoden gaan we toepassen op jullie papieren straaljager.



3. Vouw nogmaals de straaljager, maar nu met zijn **tweeën**.
Wat voor meerwaarde heeft iemand die meekijkt?

Als iemand meekijkt, dan...

4. Maak **hulpmiddelen** om De Beste Straaljager te kunnen vouwen.
Een hulpmiddel kan bijvoorbeeld
- een **meetmiddel** zijn, waarmee je bepaalt waar een vouw moet komen.
 - een **mal** zijn om kniplijnen mee af te tekenen.
 - een **gereedschap** ('tool') zijn om de vouwen extra scherp te krijgen etc.
5. Omschrijf je hulpmiddelen hieronder én waarvoor ze helpen:

Wij hebben de volgende hulpmiddelen gemaakt: ... Die helpen met...

C) Hoe richt je zo efficiënt mogelijk de productievloer in?

Als je heel veel landingsgestellen in een korte tijd moet produceren, wil je dat het productieproces zo efficiënt mogelijk is ingericht. Fokker Landing Gear gebruikt de 'lean manufacturing' methode voor. Bij *lean manufacturing*, kortweg 'lean', blijf je in de fabriek verbeteren om maximale waarde voor de klant te realiseren met zo min mogelijk verspilling.

Verspilling is bijvoorbeeld als mensen in de fabriek heen en weer moeten lopen om onderdelen te halen. Deze beweging is een verspilling van tijd. Verspilling is ook als medewerkers moeten wachten tot zij verder kunnen werken. Of als er fouten in het product zitten die moeten worden hersteld. Bekijk deze video^{xxi} voor meer informatie over de acht verspillingen die *lean* definieert.



Voor al deze verspillingen geldt: klanten betalen alleen wat voor hen waardevol is. Dus niet jouw medewerkers die heen en weer lopen. Als je de verspillingen elimineert, gaan de kosten van de productie omlaag, waardoor het bedrijf goedkoper kan produceren (je hebt minder mensen nodig) of in dezelfde tijd meer kan produceren. Lean manufacturing helpt een bedrijf om dit voor elkaar te krijgen.



Bekijk in deze video een korte uitleg over lean^{xxii}:

In de tweede video, geven ze aan dat je *lean* stapje voor stapje invoert. In deze opdracht gaan jullie een deel van een proces 'lean' maken.

Omdat we helaas niet echt aan de landingsgestellen van een straaljager kunnen werken, maken we een productielijn voor papieren straaljagers.

1. Vouw van een A4 een straaljager volgens deze instructie^{xxiii}.
Teken op de vleugels ook de markeringen.
2. Spreek met de klas af wanneer jullie de straaljager goed vinden.



We gaan nu een productieproces zo inrichten, dat het voldoet aan een aantal principes van lean.

Bekijk in deze video^{xxiv} hoe je een proces 'lean' maakt.



Om te weten hoe je het proces inricht, meten we hoe lang het duurt om één straaljager te maken:

3. Vouw de straaljager nog een keer, maar neem nu de tijd op die je nodig hebt om hem te vouwen.

Ik doe er _____ seconden over
om de straaljager te vouwen.



Pull principe

De producent maakt alleen waar de klant behoefte aan heeft. Dat geldt voor een fabriek die dat voor DE klant doet, maar ook in de fabriek maken mensen alleen wat nodig is voor de volgende stap en niet alvast een stapel voor de voorraad.

De tegenstelling van pull is push: ik maak vast wat producten klaar, dat zal straks toch wel nodig zijn. Soms is dat zo, maar vaak blijf je – door een verandering in de eisen oid – toch met producten zitten. Dat is verspilling!

Op deze pagina staat meer uitleg over het pull principe^{xxv}:



De klant vraagt om 60 papieren straaljagers per uur af te leveren.

4. Hoeveel mensen heb je nodig om aan deze vraag te voldoen?

Met mijn tempo heb je _____ mensen nodig om 60 straaljagers per uur te maken.

One piece flow principe

We gaan een 'one piece flow' productielijn inrichten: een product stroomt door het proces zonder stil te staan. Daarvoor deel je het productieproces op in 'gelijke delen' – werkstations – met elk zijn eigen medewerker. Het onderdeel dat af is, schuift door naar het volgende werkstation etc.

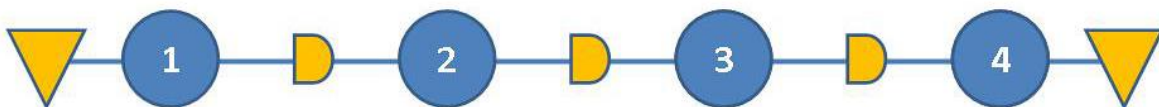
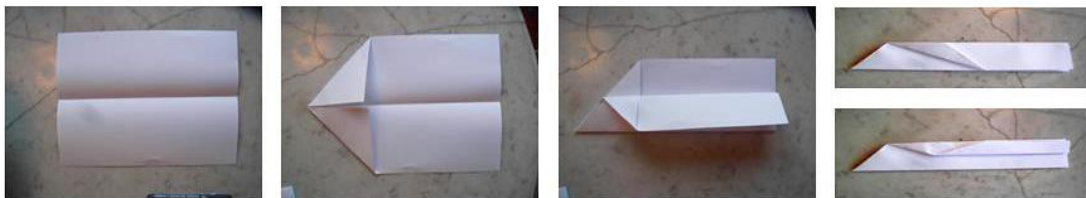
Kijk op deze pagina over meer uitleg van het one piece flow principe^{xxvi}:



Vanuit lean-oogpunt is het voor onze papieren straaljager handig om het proces in drie of vier stappen (dus medewerkers) op te delen.

*Stel – je hebt **zes** mensen nodig om 60 straaljagers per uur te maken, dan heb je dus twee productielijnen tegelijk lopen met elk **drie** medewerkers.*

In de afbeelding hieronder zie je hoe dat (voor een ander papieren vliegtuigje) eruit kan zien.



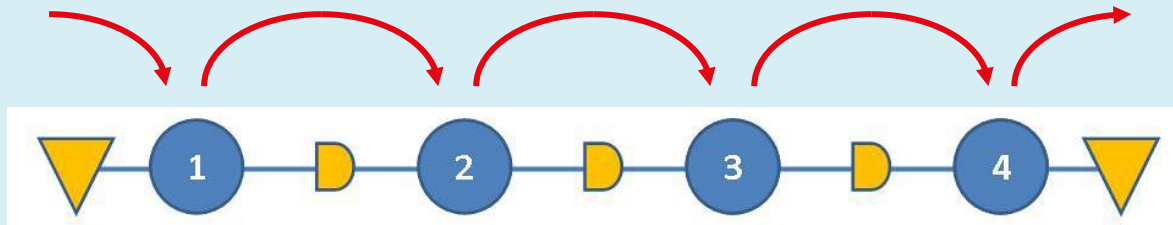
5. Deel jullie vouwproces op in zoveel stappen als jullie mensen per lijn hebben.

Geef die stappen aan op de vouwinstructie. Bepaal wie welke stap doet.

Taktijd en cyclustijd

De taktijd geeft aan hoeveel tijd je op een dag hebt om aan de klantvraag te besteden. Moet je bijvoorbeeld 60 straaljagers in een uur maken, dan heb je 1 minuut de tijd per straaljager: de taktijd is 1 minuut.

Zoals je in de uitleg bij het 'one piece flow principe' kon zien, moet dus elke minuut een straaljager naar de klant toe kunnen en dus iedere minuut het product één werkstation doorschuiven.



Heb je twee productielijnen tegelijk lopen, dan heb je twee keer zoveel, dus twee minuten de tijd per werkstation. Je cyclustijd is dan twee minuten.

6. Bereken jullie cyclustijd.

Onze cyclustijd is _____ minuten.

Zero defects

Een belangrijke verspilling in fabrieken is fouten die gemaakt worden. Deze kosten veel tijd om op te sporen en op te lossen. Bij Fokker Landing Gear is dit punt extra belangrijk – als een landingsgestel hapert, kunnen mensen verongelukken. Daarom is het van groot belang dat in het proces geen fouten worden gemaakt.

Medewerkers maken minder fouten in hun werk als ze heel goed weten wat ze moeten doen. Daarom staat een medewerker gedurende een bepaalde periode bij één werkstation: hij/zij wordt specialist in die taak. Daarnaast kan het helpen om hulpmiddelen te gebruiken bij een taak, zoals mallen, meetmiddelen etc.

7. Wordt specialist in jouw taak: voer het stukje van jouw productieproces zo vaak uit, dat je het rustig en beheerst maar vooral zéker goed en zonder haperingen kunt uitvoeren. Maak hiervoor eventueel hulpmiddelen. Degene die de laatste stap in het proces heeft, voert ook een eindcontrole uit: voldoet jullie papieren straaljager aan de eisen?

8. Jullie hebben nu een proces 'lean' ingericht. Kunnen jullie nu een straaljagervouwfabriek maken?
- Bepaal met de klas samen één cyclustijd.
 - Maak productielijntjes waarin ieder zijn of haar taak uitvoert waarin hij/zij gespecialiseerd is.
 - Één iemand houdt de cyclustijd bij – deze geeft iedere keer bij de start van de cyclustijd een signaal.
 - Start met het vouwen van de papieren straaljagers.

Als jullie het goed doen, vliegen na een bepaalde tijd elke zoveel seconden tegelijkertijd (bij de eindcontrole!) een aantal straaljagers door het lokaal. Lukt jullie dat?!

**p.s. afval is ook een verspilling
helpen jullie wel even met opruimen?**

Extra uitdaging

- Meet na het inrichten van het productieproces hoeveel tijd je nodig hebt per stap nadat je bij 'zero defects' verbeteringen hebt doorgevoerd.
Zijn jullie cyclustijden nog gelijk? Zo niet – verdeel de stappen dan opnieuw zodat jullie delen steeds even lang duren. Dit is belangrijk, zodat het hele productieproces (dat natuurlijk uit meer delen bestaat dan dit straaljager-vouw-proces) in een hoog tempo áchter elkaar door kan blijven gaan.
- Als je sneller dan de cyclustijd kunt produceren door specialisatie en het gebruik van hulpmiddelen, kun je meer straaljagers produceren dan de klant vraagt. Dat is niet nodig en – volgens lean manufacturing – dus verspilling.
Als je nog steeds 60 straaljagers per uur wil maken, waar kun je dan dus op besparen met deze kortere cyclustijden?

Bijlagen

gebruikte links bij QR-codes

- i <https://i.pinimg.com/564x/c7/43/af/c743af606e132acdcb650de86b566ee8.jpg>
- ii <https://youtu.be/wfsRAZUnonl>
- iii <https://youtu.be/Lhs4nz3mjLA>
- iv <https://youtu.be/1nxMBdMPm8l>
- v <https://youtu.be/wfsRAZUnonl>
- vi <https://i.pinimg.com/564x/4f/dd/ac/4fddacfc8397bc1e2d2c83dc42c0c8c6.jpg>
- vii <https://careers.gknaerospace.com/go/Search-and-apply/3790401/>
- viii <https://www.youtube.com/watch?v=5OQw872HvdQ>
- ix <https://www.youtube.com/watch?v=5CRp2fjrBDE>
- x <https://www.youtube.com/watch?v=ZOFDB7ZCt3g>
- xi <https://youtu.be/B7ArUqpgeHk>
- xii <https://zweefvliegopleiding.nl/index.php/vvo-2pdf/20-algemene-kennis-van-het-vliegtuig/294-8-3-landingsgestel-wielen-banden-en-remmen>
- xiii <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hydrauliek>
- xiv <https://www.youtube.com/watch?v=QV2HNjvd36o>
- xv <https://youtu.be/9OL7BMBa4ys>
- xvi https://nl.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing
- xvii <https://www.youtube.com/watch?v=JXHWd3uH7W8>
- xviii <https://youtu.be/mMb5ypeoVow>
- xix <https://youtu.be/1nxMBdMPm8l>
- xx <https://i.pinimg.com/564x/c7/43/af/c743af606e132acdcb650de86b566ee8.jpg>
- xxi <https://youtu.be/JXHWd3uH7W8>
- xxii <https://youtu.be/ZnMhXc-GiX4>
- xxiii <https://i.pinimg.com/564x/c7/43/af/c743af606e132acdcb650de86b566ee8.jpg>
- xxiv <https://www.youtube.com/watch?v=wfsRAZUnonl>
- xxv <https://bureautromp.nl/pull-strategie/>
- xxvi <https://bureautromp.nl/wat-is-flow/>