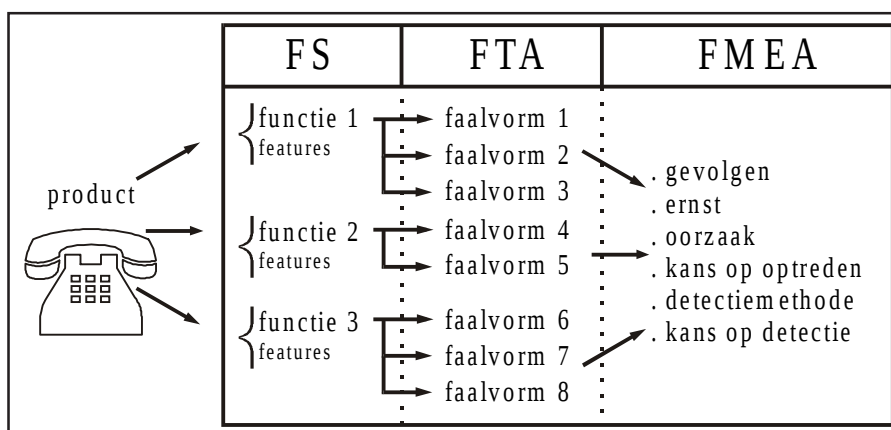


FMEA opdracht tuinsproeier

(1e Licentie PO)

Inhoud

0. Inleiding	p.1	3. FMEA	p.
0.1 Situering		3.1 Korte omschrijving	
0.2 Structuur		3.2 Wanneer toepassen?	
0.3 Waarom FMEA?		3.3 Verschillende soorten	
0.4 Opdracht rond de tuinsproeier		3.4 Procedure (stappen)	
1. Functie-analyse en functiestructuur	p.	3.5 FAQ's	
1.1 Korte omschrijving		4. Bijlagen	p.
1.2 Doel en belang		4.1 Formulier FMEA	
1.3 Hoe een functiestructuur opstellen		4.2 Checklist	
1.4 Klassikale oefening		4.3 Evaluatieformulier	
2. Foutenboomanalyse	p.		
2.1 Korte omschrijving			
2.2 Doel en belang			
2.3 Hoe een foutenboom opstellen?			
2.4 Klassikale oefening			



Ill. 1: verloop van de klassikale oefening

0. Inleiding

0.1 Situering

In het kader van de opdracht rond de tuinsproeier, is er tevens een inbreng vanuit methodologie. Vermits het hier gaat om een mechanisch ontwerp, vormt de FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) een geschikte methode om de verschillende mogelijke faalvormen ("waar kan het mislopen?") in kaart te brengen.

p.1/11

De techniek wordt stap voor stap uitgelegd en telkens voorzien van een voorbeeld.

Bedoeling is het klassikaal (binnen de lesuren) uitvoeren van voorbeeldopdrachten, en het nadien zelfstandig uitvoeren van een FMEA op het ontwerp van de tuinsproeier, waarbij dan wel vrijblijvend consult voorzien is (**meer concrete informatie over wat precies moet ingediend worden, vind je verder onder punt 0.4).**

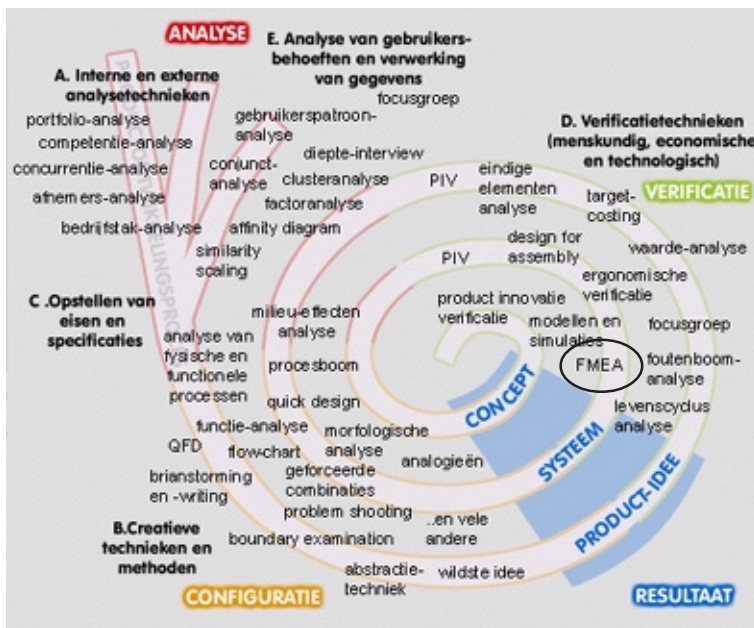
0.2 Structuur

Zoals vermeld, wordt de FMEA in stappen, daarbij kunnen enkel manieren (technieken) aangereikt worden die het voortraject van een FMEA vormen. De indeling is als volgt (zie ook illustratie 1):

1. Opstellen van een functiestructuur
2. Uitvoeren van een foutenboomanalyse
3. Uitvoeren van een FMEA
4. Opstellen en uitvoeren van corrigerende ontwerpacties

0.3 Waarom FMEA?

Kort gezegd is FMEA een *analytische verificatietechniek* (situering in het ontwerpproces: zie ill. 2 op p.2) om vanuit multidisciplinair standpunt een ontwerp op *mogelijke fouten te screenen* vòòr het volledig uitgewerkt is of naar productie gaat. Zo kunnen belangrijke aanpassingen op het eind van het proces (die zeer duur zijn) naar voor geschoven worden, reeds in de ontwerpfase uitgevoerd, tegen een geringe kost.



Ill. 2: Situering van FMEA in het ontwerpproces

Deze techniek wordt grotendeels op papier uitgevoerd, vandaar het belang van deze oefening. Tevens is het een oefening in *analytisch denken*, wat voor de eerder synthetisch denkende productontwikkelaar vaak een probleem vormt.

De grootste *voordelen* van de techniek zijn het snel inspelen op mogelijke fouten, zelfs indien het product nog niet ontworpen is. Daardoor verkort de ontwikkelingstijd (en dus ook de kost) en verbetert de kwaliteit, betrouwbaarheid en veiligheid van de geëvalueerde producten.

0.4 Opdracht rond de tuinsproeier

Opdrachtstelling

1. Stel een functiestructuur van de tuinsproeier op
2. Voer een FMEA op het eerste systeemontwerp van de tuinsproeier uit (gebruik daarbij de opbouw van het formulier uit bijlage 1)
3. Formuleer bij elk probleem welke aanpassingen, ontwerpacties) je voorstelt.

De uitvoering van de FMEA gebeurt op het eerste systeemontwerp. Na de uitgevoerde FMEA kunnen aanpassingen dan leiden tot een tweede, geverifieerd en gecorrigeerd systeemontwerp. *De FMEA wordt dus uitgevoerd VOOR het definitieve systeemontwerp wordt voorgesteld!*

p.2/11

Consult

Vrijblijvend consult bij Luc of Adelheid is mogelijk op donderdag:

15 feb.(uur 1-4) 22 feb (uur 1-4) 1 maart (uur 1-4) 8 maart (uur 1-2).

Deliverable

Een apart rapportje van *max. 10 pagina's*, met inhoud:

- max. 1 A4: Omschrijving van het met FMEA te verifiëren systeemontwerp
- max. 1 A4: Opgestelde functiestructuur
- max. 6 A4's: Volledig ingevulde FMEA tabel (met de 9 kolommen, zie bijlage 1)
- max. 1 A4: Besluit (probleemgebieden, aandachtspunten)

Een print (desnoods apart) van het ingevulde evaluatiedocument (bijlage 3), zodat we de opdracht naar volgende jaren toe kunnen optimaliseren. Hou vanaf het begin (dus vanaf week 6) bij hoeveel uur je eraan spendeert, zodat we ook de studielast kunnen evalueren.

Planning

- De uitgevoerde FMEA wordt afgegeven op het moment dat het systeemontwerp wordt ingediend: nl **woensdag 21 maart, tussen 9 en 12u30, of 13u30 en 17u (lokaal 2.2).**
- Er wordt op tijd ingeleverd, en **iedereen tekent voor afgifte**, zodat achteraf bij beide partijen geen discussie is.
- **Per dag te laat** wordt 5% van de score afgehouden.

Evaluatiecriteria

Diepgang en volledigheid, besluitvorming, presentatie, inleverdatum.

1. Functie-analyse en functiestructuur

1.1 Korte omschrijving

Een functie-analyse brengt de verschillende (sub)functies (en de relaties ertussen) van een product in kaart, zodat iemand die het product niet kent, toch begrijpt hoe het product werkt.

1.2 Doel en belang

Functie-analyse en de resulterende functiestructuur kan voor verschillende doeleinden gebruikt worden o.a.

1. in de ideegeneratie:

Als er nog geen uitvoeringsvormen (vb. onderdelen) bekend zijn, kan toch een constructie gemaakt worden van WAT het product moet kunnen (functies: vb. koffiezet: water opwarmen, transporteren, koffie warm houden) en HOE dat moet gebeuren (features: vb. koffie warm houden tot X°C).

Tijdens de uitwerking van het product worden aan deze opgestelde functies (vb. water opwarmen) telkens systemen of onderdelen gekoppeld (vb. waterverwarmingselement).

2. een uitgangspunt voor de beperkte waarde-analyse en trimmingtechniek:

De beperkte waarde-analyse bekijkt vanuit de functiestructuur hoe performant elk onderdeel is: tot welke functie draagt het onderdeel bij? Niet-functionele onderdelen (d.w.z. weinig functievervulling t.o.v. een hoge kostprijs) kunnen via de trimming-techniek geëlimineerd, vervangen of gecombineerd worden. Meer uitleg hierover is te vinden in de CD-rom New-PIC.

3. een uitgangspunt voor foutenboomanalyses en FMEA:

Vóór het volledige product gematerialiseerd en uitgewerkt is, kan al nagegaan worden wat mogelijk fout kan lopen bij het product en hoe hierop geanticipeerd kan worden.

p.3/11

De opdracht draait vooral rond deze toepassing.

1.3 Hoe een functiestructuur opstellen

Er zijn globaal gezien twee mogelijke manieren om een functiestructuur van een bestaand product op te stellen. Daarbij kan telkens gewerkt worden met gewone blokken (black box), of met daartoe opgestelde

symbolen, zoals die van Pahl en Beitz (zie ill.3). Twee minder complexe manieren om een functiestructuur op te stellen, zijn:

1. Vertrekkende vanuit de functies

Gebruik:

Vooral bij nieuwe producten, als je enkel nog maar functies hebt, nog geen onderdelen.

Werkwijze:

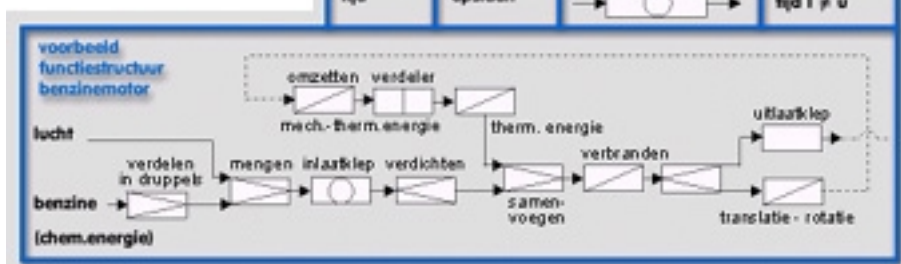
- Breng de verschillende (sub)functies in kaart
- Breng de voorwaarden (features, specificaties) en relaties ertussen in kaart.

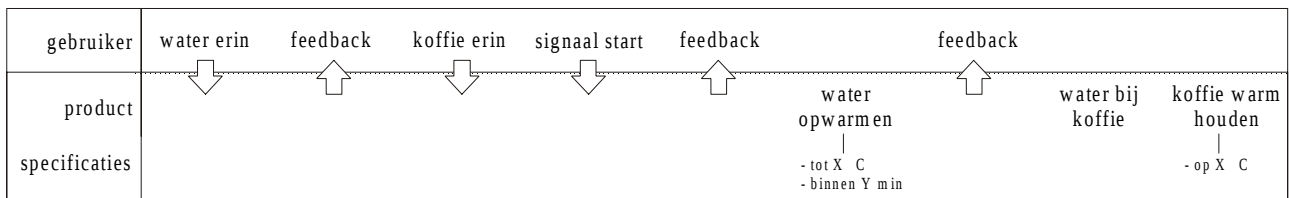
Voorbeeld:

Koffiezet (zie ill. 4): de functies zijn hier opgedeeld naar de acties van de gebruiker en de

kenmerk	algemene functies	symbolen	toelichting ingang = I uitgang = U
hoedanigheid	omvormen		aard en vorm van I en U verschillen
grootte	veranderen		I < U I > U
aantal	verbinden		aantal I > U aantal I < U
plaats	geleiden		plaats I ≠ U plaats I = U
tijd	opsloaan		tijd I ≠ u

Ill. 3: Functiestructuur via logische symbolen





Ill. 4: Functiestructuur via logische symbolen

Ill. 5: Trimmingstechniek (hier niet van toepassing)

acties van het toestel. Tevens zijn de specificaties (features) toegevoegd. Ill. 5 toont hoe de functie-analyse –zoals hierboven vermeld- een input kan zijn voor de beperkte waarde-analyse, waarbij wordt bekeken hoe functioneel elke component is.

P R O C E S									
	gebruiker	water erin	feedback	koffie erin	signaal start	feedback		feedback	
	product	↓	↑	↓	↓	↑	water opwarmen	water bij koffie	koffie warm houden
N E N E N	reservoir								
	trechter								
	koffiekan								
	weerstand intern								
	weerstand onder plaat								
	pomp, motor								
P O M P	bolletje								
	knop aan/uit								
	lichtje								
C O	behuizing								

werking

interactie met gebruiker

overkoepelend

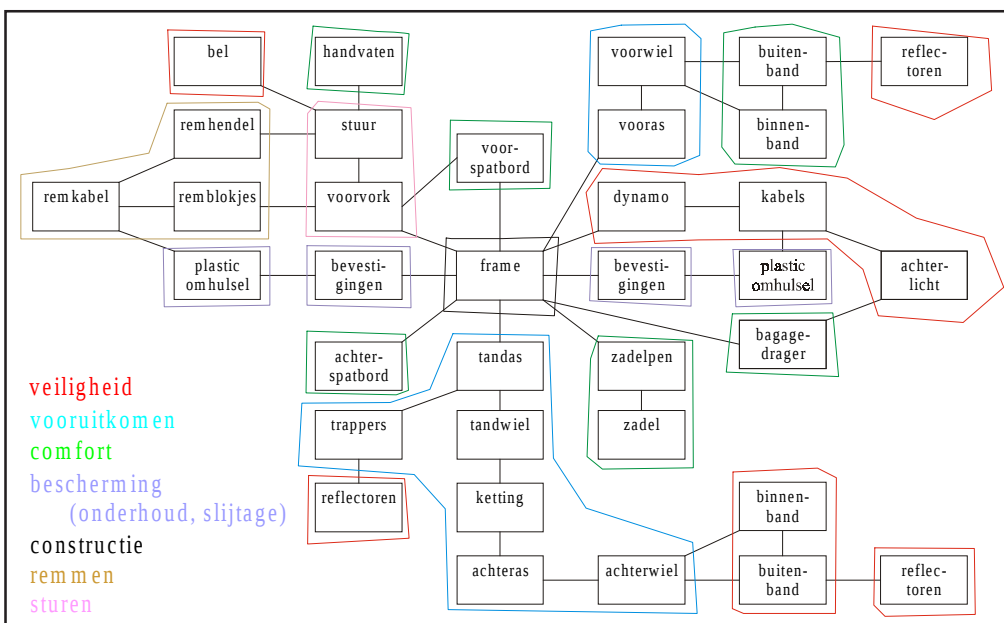
p.4/11

2. Vertrekkende vanuit de componenten

Gebruik:

Ill. 6: Functiestructuur vertrekkende vanuit de componenten.

Makkelijk te gebruiken bij bestaande producten, omdat de verschillende onderdelen/componenten bekend zijn. Ook te gebruiken bij producten die weinig “doen” (vb. plantengietier, fietstas).



Werkwijze

- Som de verschillende componenten/onderdelen op, en de relaties ertussen
- Stel bij elke component de vraag: welke functie helpt ze mee realiseren?

Voorbeeld:

Fiets (zie ill. 6): eerst zijn de via de (fysische) verbindingen de componenten in kaart gebracht (waarbij je uiteraard nog dieper in detail kan gaan vb. ventiel aan binnenband,...).

Vervolgens zijn de componenten gegroepeerd die dezelfde functie realiseren (vb. remmen). Er kunnen ook features toegekend worden (vb. comfort), ook al is de grens tussen die twee niet altijd duidelijk te trekken. Is vb. veiligheid een feature (HOE fietsen: veilig) of een functie (WAT: beveiligen, veiligheid brengen).

Tevens zijn -door het feit dat de componenten verbonden zijn- de grenzen tussen functies niet steeds exact te trekken: vb. de functie “sturen” kan uitgebreid worden tot vooras, zadel, enz... (in het voorbeeld van de fiets is het criterium genomen: wat kan ik weglaten om toch nog puur de functie over te houden?).

1.4 Klassikale oefening

Gegeven: werkingsprincipe van een mechanisme (2^e kan PO). Stel een functiestructuur op voor het mechanisme. Start vanuit het proces (wat gebeurt er allemaal), koppel daaraan de verschillende onderdelen van het systeem. Beschikbare tijd: ca. 20 min.

2. Foutenboomanalyse

2.1 Korte omschrijving

Een foutenboomanalyse onderzoekt diepgaand, maar niet kwantitatief, wat fout kan lopen bij het product.

2.2 Doel en belang

De foutenboom brengt visueel in kaart wat kan fout gaan met het product, en dit door bij elke faalvorm de vraag te stellen: “Hoe komt dit, wat is de oorzaak hiervan?”. Zo wordt een (omgekeerde) boom bekomen, die naar beneden toe de (achterliggende) grondoorzaken van het product toont.

Een opgestelde functiestructuur is handig als basis voor de foutenboomanalyse: bij elk onderdeel of elke functie kan de vraag gesteld worden: “Wat kan hiermee fout gaan?”.

p.5/11

Voorbeeld: zie ill. 7.

2.3 Hoe een foutenboom opstellen?

- Plaats bovenaan de boom een mogelijk defect
- Geef alle mogelijke oorzaken van het defect a.h.v. logische structuren (EN, OF,...) aan.
- Diep dit uit tot op een niveau dat het probleem duidelijk zichtbaar is.

In de volgende stappen (o.a. FMEA) wordt bekeken wat het gevolg en de ernst van het probleem is, en worden naar oplossingen gezocht.

2.4 Klassikale oefening

Stel een foutenboom op voor het mechanisme. Gebruik eventueel de opgestelde functiestructuur als basis. Begin met één defect (faalvorm) en werk dit eerst volledig uit, behandel daarna andere mogelijke defecten. Beschikbare tijd: ca. 20 min.

Ill. 7: Een stuk foutenboomanalyse voor een fiets.



3. FMEA

3.1 Korte omschrijving

“Everything that can fail, shall fail” (Murphy)

FME(C)A (Failure Mode and Effect (Criticality) Analysis) is een systematische groep activiteiten om antwoord te geven op volgende vragen:

- wat zou fout kunnen gaan met het product of proces (faalvorm en kans op voorkomen)
- hoe erg zou het kunnen foutlopen (gevolg en ernst)
- wat moet gebeuren om faalvormen te voorkomen (ontwerppacties voorstellen).

3.2 Wanneer toepassen?

FMEA wordt uitgevoerd gedurende de het ontwerpproces zelf, op papier of m.b.v. computerprogramma's, dus vóór het eerste product begint te falen in de handen van de gebruiker.

3.3 Verschillende soorten

- De techniek is iteratief en kan op verschillende niveaus uitgevoerd worden:

1. Op ideeniveau

Systemen en subsystemen in de vroege ontwerpfase worden geanalyseerd. Het spitst zich toe op potentiële fouten i.v.m. de opgestelde functies, de interactie van de systemen onderling en met andere systemen.

2. Op systeem- en conceptniveau

FMEA op systeemniveau analyseert de verschillende voorgestelde werkingsprincipes/systemen van het product (vb. zwaartepunt ligt te laag). FMEA op conceptniveau doet dit ook, maar op een meer gedetailleerd niveau (naar specifieke onderdelen toe vb. te kleine diameter van as). Dit heeft dus vooral betrekking op producten die vrijgegeven worden voor productie.

3. Op procesniveau

Dit gebeurt eerder om fabricage- en assemblageprocessen te analyseren (vb. het gat voor de as wordt altijd excentrisch geboord).

In de opdracht zullen we ons concentreren op het 2^e niveau (systeem- en conceptFMEA).

3.4 Procedure (stappen)

1. Bepalen van de systeemfuncties en -beperkingen

Beschrijf de functies (WAT moet uitgevoerd worden vb. voertuig stoppen) en de features (HOE moet dit vervuld worden vb. voertuig stoppen in 10 s). Vermijd werkwoorden zoals “voorzien, bevorderen, toelaten” (te algemeen). p.6/11

Voorbeelden:

- licht tot X lumen opwekken
- voorruit tot doorzichtig oppervlak schoonmaken
- voertuig binnen X meter tot stilstand brengen
- snelheid tot het bereik X beperken
- versnellingsbak van X kg ondersteunen
- vloeistof van X liter zonder lekken bewaren

Deze stap komt neer op het opstellen van een functiestructuur (zie hoger).

2. Beschrijven van de mogelijke faalvormen en faalfrequentie

Beschrijf de mogelijke faalvormen en -indien beschikbaar- hun faalfrequentie. Daarbij wordt de vraag gesteld: “Op welke manier kan het systeem er niet in slagen de gewenste functie te realiseren?” Brainstorming blijkt hierbij een efficiënte techniek te zijn.

De hoofdfaalvormen worden eerst bevraagd, ter controle kunnen dan de afzonderlijke functies bevraagd worden.

Deze stap komt neer op de foutenboomanalyse (zie hoger).

Categorieën van mogelijke fouten (vooral de eerste 2 categorieën komen voor):

- **Geen functie:** het systeem is volledig gestoord zonder effect, of er vindt een volledig onverwachte gebeurtenis plaats.
- **Gedeeltelijke/overmatige/geleidelijk afnemende functie:** aan sommige specificaties of een combinatie ervan wordt voldaan, maar niet aan alle eigenschappen of kenmerken. Deze categorie omvat ook overmatige functie en geleidelijke afname van de functie.

- **Afwisselende functie:** voldoet aan, maar verliest wat van zijn functionaliteit of wordt niet-operationeel, vaak door externe invloeden, zoals temperatuur, vochtigheid, milieu enz... Deze soort fout staat voor de volgende situaties: aan, plots uit, opnieuw aan, ofwel start/stop/opnieuw start.
- **Niet-beoogde functie:** de interactie van verschillende elementen die onafhankelijk goed werken, gaan het product of het proces tegenwerken. Hun gezamenlijke prestatie leidt tot een ongewenste prestatie ("niet-beoogde functie").

Voorbeeld mogelijke fouten:

- licht tot minder dan specificatiewaarde X opwekken
- voertuig op meer dan X meter in Y minuten tot stilstand brengen
- draaimoment wordt niet overgebracht

3. Gevolgen en ernst

Noteer de gevolgen en hun ernst.

Gevolgen

Er kunnen gevolgen zijn voor

- het onderdeel zelf
- andere onderdelen/systemen
- het hele product
- de gebruiker.

Ernst

Ernst is een subjectieve waarde (niet berekend of empirisch bepaald).

Er kunnen criteria voor de ernst worden opgesteld. In de automobielsector zijn dit er meestal 10, gezien de aard van de ontwerpopdracht kunnen we ons hier beperken tot 4:

- Score "4": catastrofaal volledige verlies van het systeem of de belangrijkste component
- Level 2 kritisch ernstige/zware reductie van de functionele prestatie die resulteert in een verandering in de werking.
- Level 3 belangrijk degradatie van de functie
- Level 4 niet belangrijk geen effect op de prestatie

p.7/11

Voorbeeld

Vergelijk de situatie van een auto waarvan de remleiding het constant begeeft, en deze van een auto waarvan het pinklicht (richtingsaanwijzer) niet werkt. In het eerste geval heeft dit gevolgen voor het hele product én de gebruiker, in het tweede geval heeft de fout enkel een niet-functioneren van het onderdeel tot gevolg, maar geen andere "erge" gevolgen.

4. Identificeren van de mogelijke oorzaak en de kans op optreden

Ga na wat de oorzaak van het probleem is, en hoe groot de kans op optreding is.

Oorzaken

Vaak moet gezocht worden naar achterliggende oorzaken, zodat net zoals bij de foutenboom zeer diep gegaan moet worden om de werkelijke oorzaak te identificeren.

Voorbeeld:

- fout, probleem: overbrenging werkt niet
- oorzaak van het 1^e niveau: materiaal barst
- oorzaak van het 2^e niveau: het materiaal is te dun.

Oorzaken worden meestal beschreven o.b.v. een kenmerk van een onderdeel (o.a. afmetingen, grootte, vorm, ligging, oriëntatie, textuur, hardheid, treksterkte, uitzicht, deklaag en reflectievermogen).

Vaak zijn er ook meerdere oorzaken mogelijk, of combinaties van situaties zorgen voor problemen (vergelijk de "EN" uit de foutenboomanalyse).

Voorbeelden:

- te veel speling: slijtage, onvoldoende gesmeerd, verkeerd materiaal, verkeerde uitlijning
- breken (veer): materiaalvermoeidheid, corrosie, overbelasting
- lossen (bout): vastzetkoppel te laag, kruip van plastic.

Faalfrequentie/kans op optreden

Dit inschatten gebeurt op basis van reële of surrogaat systeemgegevens. Bij twijfel wordt het hoogste cijfer gegeven. Als de waarde van optreding niet kan geschat worden, of het team bereikt geen akkoord, vul dan de hoogste score in.

Criteria voor de optreding:

- score "3": zeer hoog: de fout treedt zo goed als zeker op
- score "2": matig tot hoog: het is mogelijk dat de fout optreedt
- score "1": gering tot nooit: weinig fouten waarschijnlijk.

5. Bepalen van de detectiemethode en de kans op detectie

Zoek naar manieren (vb. door brainstorming) om de systeemfaalvormen zo snel mogelijk te detecteren (vb. computersimulatie). Schat eveneens in wat de kans op detectie via deze methoden is (vb. als een computersimulatie gebruikt wordt, hoe groot is de kans dat het defect ontdekt wordt?).

Detectiemethoden

Vb. computersimulatie, wiskundige modellen, tests op proefopstellingen, breadboarding,...

Kans op detectie

Detectiewaarden zullen lager zijn als er verschillende detectiemethoden gebruikt worden per mogelijke fout.

Vergelijk: een kudde van 1000 schapen: waarvan 999 witte, 1 zwarte. In de weide staat een waarnemer naast een hek. De kans dat het zwarte schaap door hek loopt is misschien klein (optreden van een probleem), maar de kans dat de waarnemer het ziet als het door het hek loopt (detectie), is groot. p.8/11

Criteria voor de detectie:

- score "4": bijna onmogelijk: geen methoden voorhanden om de fout te ontdekken
- score "3": moeilijk: er is een geringe kans dat de fout ontdekt wordt
- score "2": kans: er is een behoorlijke kans dat de faalvorm ontdekt wordt
- score "1": bijna zeker: extreem hoge kans dat de huidige controles het defect ontdekken

6. Berekenen van het risicoprioriteitsgetal (RPG)

Bereken het risicoprioriteitsgetal voor elke faalvorm als: ernst x gevolg x detectie (moet tussen 1 en 48 liggen).

7. Opstellen van ontwerpacties

- Stel ontwerpacties op om de ernst van de faalvorm, de kans op optreden of de kans op niet-detectie te verminderen, en dit eerst bij de faalvorm met het grootste risicoprioriteitsgetal.

Hier wordt overgestapt van analyse en verificatie naar configuratie (ontwerpen): eens de problemen volledig in kaart gebracht zijn, welke oplossingen zijn dan mogelijk?

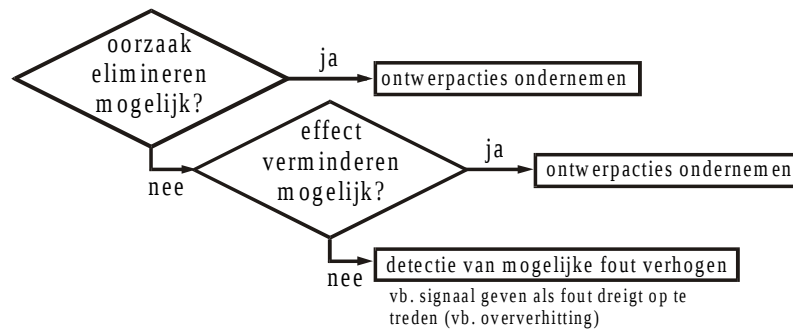
Voorbeelden van mogelijke corrigerende ontwerpacties

- aanpassen van (sub)systeem
- inbouwen van detectie-apparatuur
- inbouwen van backup systeem dat kan functioneren als het ene systeem faalt
- manueel systeem inbouwen om over te schakelen van automatisch op manuele ingreep.

Daarbij dient een volgorde gehanteerd te worden (zie ill. 8).

Voorbeeld:

Remmen bij auto die oververhitten:



- eerste ingreep: probleem elimineren, vermijden dat ze oververhitten (vb. ander remsysteem, andere materialen gebruiken)
- tweede ingreep: gevolg verminderen (vb. koelsysteem inbouwen)
- derde ingreep: signaal geven wanneer fout optreedt (vb. geluid & lichtje op dashboard bij mogelijk falen van het systeem).

Zo kunnen verschillende acties ook ingedeeld worden naargelang vb. hun automatisatiegraad: vergelijk het aanbrengen van een waarschuwingssticker op een ponsmachine t.o.v. het inbouwen van een sensor die de ponsmachine bij oneigenlijk gebruik uitschakelt.

3.5 FAQ's (Frequently Asked Questions)

Enkel vanuit technisch standpunt een FMEA uitvoeren?

Zoals bij elke verificatie in het ontwerpproces worden de beste resultaten bereikt via een multidisciplinaire aanpak: het product wordt vanuit de verschillende disciplines afzonderlijk beschouwd (vgl. de 'zwarte hoed opzetten' bij De Bono). Een product kan dus vanuit verschillende standpunten beschouwd worden: een FMEA vanuit gebruik, vanuit technologie,...

p.9/11

Wat met de invloeden van gebruiker en omgeving?

Er dient een onderscheid gemaakt te worden tussen puur functioneel mislopen en mislopen door toedoen van de gebruiker alleen. De ontwerper heeft immers slechts een invloed op het product en de interacties ervan met de gebruiker en de omgeving, de gebruiker of de omgeving zelf kan hij niet manipuleren.

Vergelijk de situaties waarbij een fiets niet remt door fout geconstrueerde fietsremmen (dit kan via een FMEA gedetecteerd en opgelost worden) en de situatie waarbij de fiets niet remt omdat de gebruiker vergeet te remmen (fout vanuit de gebruiker).

Wanneer is een FMEA af?

Een FMEA is een levend document en moet in die zin geactualiseerd worden telkens er belangrijke veranderingen plaatsvinden in het ontwerp- of productie/montageproces.

Een idee-FMEA wordt als "volledig" beschouwd nadat de specificaties van een systeemontwerp vastgelegd en de ontwerpfuncties gedefinieerd zijn.

Een systeem- of conceptFMEA wordt als "volledig" beschouwd wanneer het productontwerp vrijgegeven is voor productie.

Een procesFMEA wordt als "volledig" beschouwd nadat alle operaties overwogen werden, en het controleplan voor de productie en assemblage af is.

Wat zijn mogelijke informatiebronnen voor FMEA?

- ontwikkelingstekeningen en -diagrammen (op systeem-, subsysteem- of onderdeelniveau)
- ontwerpspecificaties
- controleplannen

- kwaliteitsgegevens over gelijkaardige ontwerpen van nu en toen
- andere studies
- verslagen (i.v.m. dealerproblemen, veld- labotest-, duurzaamheidstesten, terugroepgegevens)
- andere FMEA's
- processtroomdiagrammen
- enz...

Waar vind ik meer over FMEA?

- O.a. op de volgende websites:
<http://www.bpp-tech.com/failure.htm>
http://www.tm.tue.nl/race/ce/fmea_2.html
http://www.quality2.com/qi2_fmea.htm
<http://www.mapqe.com/fmea/index.htm>
- Het referentiehandboek "Foutmogelijkheden en effecten analyse" (Ford Technical Education Program, met dank aan dhr. R. Thonissen van Ford Keulen), te consulteren bij Adelheid.
- CD-rom "New-PIC: Focus on product innovation", te verkrijgen bij Adelheid.

4. Bijlagen

- 4.1: vereenvoudigde procedure en formulier om FMEA uit te voeren
- 4.2: checklist met werkwoorden (hulp bij brainstormen over mogelijke fouten)
- 4.3: evaluatieformulier (in te vullen door student, bij te voegen in rapport)

4.1 Procedure FMEA

1. Schrijf de mogelijke faalvormen (defecten uit in de foutenboom) over in kolom 1.

2. Noteer de gevolgen ervan in kolom 2

p.10/11

3. Geef de ernst van de faalvorm aan in kolom 3.

Criteria voor de ernst:

- score "4": catastrofaal: volledig verlies van het systeem
- score "3": kritisch: zware reductie van de functionele prestatie, resulteert in een verandering van de werking
- score "2": belangrijk: degradatie van de functie
- score "1": niet belangrijk: geen effect op de prestatie

4. Noteer de mogelijke oorzaken (uit de foutenboom) in kolom 4.

5. Noteer de kans op optreden van de faalvorm in kolom 5.

Criteria voor optreden:

- score "3": zeer hoog: de fout treedt zo goed als zeker op.
- score "2": matig tot hoog: het is mogelijk dat de fout optreedt
- score "1": gering tot nooit: weinig fouten waarschijnlijk

6. Bepaal mogelijke detectiemethoden in kolom 6 (computersimulatie, wiskundige modellen, breadboarding,...).

7. Noteer in kolom 7 de kans op detectie

Criteria voor de detectie:

- score "4": bijna onmogelijk: geen methoden voorhanden om de fout te ontdekken
- score "3": moeilijk: er is een geringe kans dat de fout ontdekt wordt
- score "2": kans: er is een behoorlijke kans dat de faalvorm ontdekt wordt
- score "1": bijna zeker: extreem hoge kans dat de huidige controles het defect ontdekken.

8. Bereken het risicoprioriteitsgetal (RPG) in kolom 8 als ernst x gevolg x detectie (moet tussen 1 en 48 liggen).

9. Stel in kolom 9 ontwerpacties voor die de faalvorm elimineren of verminderen, en dit eerst bij de faalvorm met het grootste risicoprioriteitsgetal.

1 Faalvormen	2 Gevolgen	3 Ernst	4 Oorzaken	5 Kans	6 Detectiemethoden	7 Kans	8 RPG	9 Ontwerpacties

4.2 Checklist werkwoorden

aandrijven	bevatten	eindigen	knijpen	ontvangen	scheiden	vastmaken	vertonen
aanmoedigen	bewaren	elimineren	laden	opbergen	schoonmaken	verbergen	verven
aanpassen	bewegen	forceren	lassen	opheffen	schuiven	verbeteren	verwijderen
aantrekken	blinken	geleiden	laten horen	opwekken	selecteren	verbinden	verwittigen
aanvoeren	boren	grijpen	leiden	organiseren	smeren	verdelen	verwonden
absorberen	circuleren	helpen	leveren	oriënteren	sturen	verenigen	verzegelen
adviseren	controleren	herstellen	localiseren	overbrengen	suggereren	verhindern	verzekeren
afbuigen	creëren	houden	loslaten	overdragen	tegenhouden	verhogen	vochtig maken
afleveren	demonstreren	huizen	malen	plaatsen	toelaten	verifiëren	voeden
aflijnen	dempen	identificeren	mengen	pletten	toepassen	verkrijgen	voorkomen
balanceren	differentiëren	in bewaring	nagaan	positioneren	toevoegen	verlichten	vormen
bedekken	doen afbuigen	houden	natmaken	presteren	transporteren	vermijden	vrijgeven
beëindigen	doen vloeien	indrukken	omvormen	produceren	trekken aan	verminderen	vullen
beheren	doorboren	insluiten	onderbrengen	promoveren	uitbreiden	verplaatsen	waarschuwen
belemmeren	draaien	inspecteren	onderhouden	reguleren	uitreiken	verschuilen	weehouden
bepersen	dragen	integreren	onderscheiden	reserveren	uitstoten	verschuiven	weestaan
berichten	drukken op	isoleren	ondersteunen	richten	uitzenden	versnellen	weghalen
beschermen	dwingen	kijken naar	ontmoeten	roteren	vastgrijpen	versterken	wrijven

p.11/11

4.3 Evaluatieformulier

Deze evaluatie door de student helpt ons de opdracht te optimaliseren. We stellen het op prijs als je dit invult.

Voor diegenen die de inleidende les (op dond 8 feb) volgden (er wordt geen rekening gehouden met je aanwezigheid):

De inleidende les was saai |-----| interessant.
 ongeordend |-----| gestructureerd.
 niet nuttig |-----| nuttig om de opdracht sneller/beter te kunnen maken.

De opdracht hielp me het systeemontwerp beter te verifiëren: niet akkoord |-----| akkoord.

Aantal gespendeerde uren: u (excl. voorbereidende les, incl. FMEA uitvoeren, rapport maken).

Andere opmerkingen:

