

# Alliander

Additive Manufacturing



Filip Roks | Glenn Keuken | Nils Hoogakker | Rufus Polman

Nijmegen  
28-05-2020

Omslagfoto: [www.alliander.nl](http://www.alliander.nl) (bron).

## Titelpagina

### **Alliander**

Additive Manufacturing

<b>Auteur:</b>	Filip Roks Glenn Keuken Nils Hoogakker Rufus Polman
<b>Organisatie:</b>	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
<b>Minor:</b>	Smart Industry
<b>Studiejaar:</b>	2019 - 2020
<b>Gastorganisatie:</b>	Alliander
<b>Docent:</b>	Herold Cremer
<b>Versie:</b>	1.0

<b>Hoofdstuk 1: Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Aanleiding	3
1.2 Organisatiebeschrijving	3
1.3 Leeswijzer	3
<b>Hoofdstuk 2: AM toepassingen binnen Alliander</b>	<b>4</b>
2.1 Geïdentificeerde potentiële AM toepassingen	4
2.1.1 Synchroon ratel	4
2.1.2 Elektriciteitskast kap	4
2.2 Gekozen AM toepassing	5
<b>Hoofdstuk 3: AM Technologieën</b>	<b>6</b>
3.1 Huidige technologie	6
3.2 Technologie voor AM toepassing	6
3.2.1 VAT photopolymerization	6
3.2.2 Material extrusion	7
3.3 Conclusie AM technieken.	8
<b>Hoofdstuk 4: Bedrijfsmatige consequenties</b>	<b>9</b>
4.1 Spare parts	9
4.2 Virtual warehousing	9
4.3 Groei 3D-print afdeling	9
<b>Hoofdstuk 5: Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>10</b>
5.1 Conclusie	10
5.2 Aanbevelingen	10
<b>Literatuurlijst</b>	<b>11</b>

# Begrippenlijst

<b>Rapid Tooling</b>	Rapid tooling beschrijft het proces van het maken van gereedschappen en apparaten voor productie. Bijvoorbeeld, als een kleine hoeveelheid componenten nodig is voor een gietvorm en de productie hiervan niet rendabel is. AM kan dan gebruikt worden voor de snelle productie van het benodigde gereedschap om de gietvorm te produceren (Pfähler, Morara, & Kempera, 2019, p. 153)
<b>Spare parts</b>	Wat AM betreft, wordt de productie van reserveonderdelen op aanvraag steeds belangrijker. Reserveonderdelen moeten altijd op voorraad liggen ondanks de kleine vraag. Met AM kunnen reserveonderdelen indien nodig direct worden vervaardigd, waardoor opslagkosten en opslaglocatie niet nodig zijn. Bovendien kunnen reserveonderdelen op locatie worden gemaakt, zodat transportkosten en verzending tijd worden verminderd (Pfähler, Morara, & Kempera, 2019, p. 153).
<b>Virtual warehousing</b>	Producten worden op verschillende locaties opgeslagen maar de beschikbaarheid van producten staat in een digitale opslagplaats beschreven (eazystock, 2016).

# Hoofdstuk 1: Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het kader van de minor Smart Industry aan de hogeschool van Arnhem en Nijmegen wordt een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke additive manufacturing toepassingen binnen Alliander. Additive Manufacturing (AM) is het proces van het maken van componenten in CAD modellen (Computer-aided Design model) die laag voor laag opgebouwd zijn. De CAD modellen kunnen direct omgezet worden in fysieke componenten in een AM-machine zonder het gebruik van extra gereedschap. Dit in tegenstelling tot conventionele technieken (Pfählner, Morara, & Kemper, 2019, p. 152). In het onderzoek worden binnen Alliander kansrijke mogelijkheden voor AM geïdentificeerd. Dit wordt uiteindelijk toegelicht in een conclusie met aanbevelingen.

## 1.2 Organisatiebeschrijving

Alliander is een netwerkbedrijf dat energienetten ontwikkelt en beheert in Noord-Holland, Flevoland, Gelderland en Friesland. Via de kabels en leidingen van Alliander ontvangen ruim drie miljoen Nederlandse huishoudens en bedrijven elektriciteit, gas en warmte. Alliander beheert meer dan 90.000 km elektriciteitsnet en 40.000 km gasnet. Bovendien behoren de netten van Alliander tot één van de betrouwbaarste ter wereld. Alliander bestaat uit een groep bedrijven, namelijk Liander, Qirion, Kenter, Firan, Alliander telecom en Alliander AG (Alliander, 2019).

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt de aanleiding van het onderzoek beschreven.

In hoofdstuk 2 wordt de AM toepassing binnen alliander gepresenteerd, aan de hand van literatuur en resultaten uit het interview.

In hoofdstuk 3 volgt een toelichting op de AM technologie die gekozen is bij de AM toepassing.

In hoofdstuk 4 ligt de nadruk op de bedrijfsmatige consequenties van een de AM toepassing.

Hoofdstuk 5 bevat tenslotte een conclusie met aanbevelingen.

## Hoofdstuk 2: AM toepassingen binnen Alliander

Om een kansrijke AM toepassing binnen Alliander te ontdekken is contact gezocht met een expert op het gebied van 3D-printen. Om de huidige situatie van het gebruik van AM toepassingen binnen Alliander te achterhalen. Uiteindelijk is het projectteam terecht gekomen bij Ramon Molenaar, een 3D-print expert werkzaam bij Alliander. In samenspraak met Ramon is gezocht naar mogelijkheden voor AM toepassingen, waaruit twee potentiële AM toepassingen zijn geïdentificeerd.

### 2.1 Geïdentificeerde potentiële AM toepassingen

De volgende twee potentiële AM toepassingen zijn geïdentificeerd:

- Het ontwikkelen van nieuw gereedschap.  
Deze AM toepassing valt onder de term Rapid tooling (beschreven in de begrippenlijst)
- Het 3D-printen van niet meer leverbare onderdelen.  
Deze AM toepassing valt onder de termen spare parts en virtual warehousing (beschreven in de begrippenlijst).

#### 2.1.1 Synchroon ratel

Vanuit technici binnen Alliander ontstaat er vraag naar verbetering van gereedschap. AM maakt het mogelijk om zelf gereedschap met nieuwe functionaliteiten te ontwikkelen, ook wel tooling genoemd (Cremer, z.d.). Een concreet voorbeeld voor het ontwikkelen van nieuw gereedschap is een synchroon ratel. Dit idee is ontstaan doordat technici veel tijd besteden aan het aandraaien van twee bouten die zich naast elkaar bevinden. Deze bouten moeten met dezelfde kracht aangedraaid worden. Hierdoor kan niet eerst één bout aangedraaid worden en dan de andere bout. Er moet tussendoor gewisseld worden, zodat de bouten gelijkmatig aangedraaid worden. Om deze handeling te versnellen is een verloop bedacht. De verloop moet het mogelijk maken om met één ratel deze twee bouten tegelijk aan te kunnen draaien (Ramon molenaar, persoonlijke communicatie, 27 mei 2020).

#### 2.1.2 Elektriciteitskast kap

Alliander heeft producten (bijv. een oud type elektriciteitskast) waarvan fabrikanten geen onderdelen meer leveren. Via AM is het mogelijk om voor de betreffende producten zelf de reserve onderdelen te produceren. In AM termen heeft dit betrekking op de onderwerpen: spare parts en virtual warehousing (Cremer, z.d.). Een concreet voorbeeld van een niet leverbaar product is de kap van een oud type elektriciteitskast. Alliander kan zelf reserveonderdelen gaan 3D-printen zoals de kap van een elektriciteitskast in het genoemde voorbeeld (Ramon molenaar, persoonlijke communicatie, 27 mei 2020).

## 2.2 Gekozen AM toepassing

Het printen van niet meer leverbare producten wordt gezien als de meest kansrijke AM toepassing. Hier is voor gekozen omdat dit probleem vaker voorkomt en het minder tijd kost om te ontwikkelen. De ontwikkeltijd is een stuk lager dan bij het ontwikkelen van nog niet bestaand gereedschap. Laten we de al eerder genoemde kap als voorbeeld nemen, om deze kap te printen is het alleen nodig om de kap op te meten en het bijpassende print materiaal te vinden. Echter als we naar de synchroon ratel kijken, is er veel meer tijd nodig om dit te ontwerpen. Aangezien dit een nieuw product is, zit er nog een prototype fase tussen. Het product moet namelijk nog uitgetekend en getest worden.

Een ander voordeel van het printen van niet meer leverbare producten is dat het object waarvoor het product gemaakt is minder snel vervangen hoeft te worden. Wanneer de kap van een elektriciteitskast kapot is en deze niet meer geleverd wordt door de fabrikant, is de kans groot dat de gehele kast vervangen moet worden. Dit voordeel komt niet voor bij de synchroon ratel aangezien deze vooral als comfort product wordt gemaakt om tijd mee te winnen.

## Hoofdstuk 3: AM Technologieën

Welke AM technologie(en) ga je gebruiken voor de geselecteerde AM toepassing?

### 3.1 Huidige technologie

Het 3D-lab van Alliander beschikt over een Formlabs form 2. De technologie in deze printer is Stereolithography (SLA). SLA is het laagsgewijs belichten (ultraviolet) van een vloeistofbad met daarin een UV gevoelig vloeistofpolymeer (formlabs, z.d.) Hierdoor heb je een zeer hoge detailresolutie (Cremer, z.d.) Alliander gebruikt deze 3D-printer voor schaalmodellen en kleine onderdelen. Daarnaast besteed het 3D-lab van Alliander in het geval dat ze zelf niet over de juiste apparatuur beschikken het 3D-printen van CAD modellen uit aan Materialise (fabrikant).

### 3.2 Technologie voor AM toepassing

De gekozen AM toepassing in §2.2 is zelf het produceren van niet meer leverbare producten. Het genoemde voorbeeld in hoofdstuk 2 'de kap van een elektriciteitskast' wordt in de toelichting van technologie voor de AM toepassingen wederom als voorbeeld gebruikt. De kap van een elektriciteitskast wordt gebruikt om losse bedradingen af te schermen van stof en vuil.

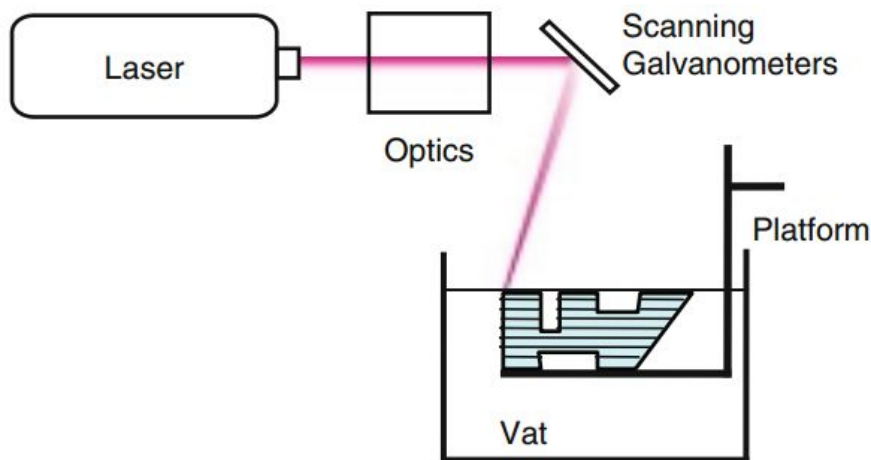
In totaal zijn er zeven bekende AM procestechnieken. Om nieuwe of reserveonderdelen te maken voor niet meer leverbare producten zijn twee AM proces technieken beschreven, namelijk VAT photopolymerization en Material extrusion. Deze technieken worden hieronder verder toegelicht (Cremer, z.d.). Deze twee technieken zijn gekozen omdat de complexiteit en investeringskosten relatief laag zijn.

#### 3.2.1 VAT photopolymerization

Een techniek om een eenvoudige kap te maken is VAT photopolymerization. Deze techniek maakt gebruik van een vloeistofbad met vloeibare foto polymeerhars, waaruit het model laag voor laag wordt opgebouwd. Het fotopolymerisatie proces gaat als volgt:

1. Het bouwplatform wordt vanaf de bovenkant in het hars vloeistofbad verlaagd om lagen op te bouwen.
2. Het UV-licht hardt de hars laag voor laag uit. Het platform blijft naar boven bewegen, hierdoor wordt het model ondersteboven opgebouwd.





Afbeelding 1: process VAT polymerization (Loughborough university, z.d.) .

Het VAT polymerisatieproces maakt gebruik van kunststoffen en polymeren:

- UV-uithardende foto polymeerhars.
- Visijet-assortiment hars voor VAT polymerization.

Voordelen van VAT polymerization:

- Hoge nauwkeurigheid en goede afwerking.
- Relatief snel proces.

Nadelen van VAT polymerization:

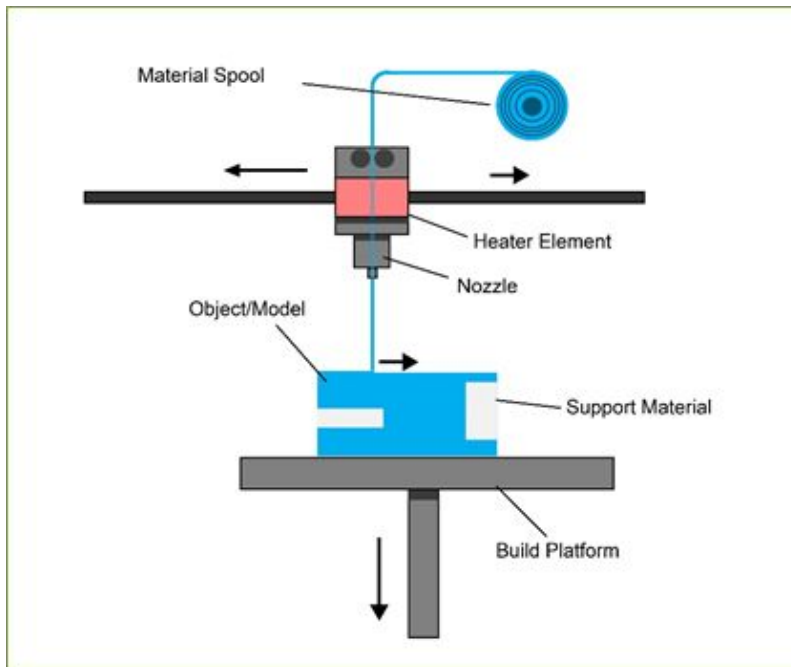
- Relatief duur.
- Kan maar met één soort materiaal per keer printen.
- Beperkt materiaalgebruik van kunststof harsen (3dexperience, z.d.).

### 3.2.2 Material extrusion

Material extrusion is een AM techniek waarbij materiaal door een printkop wordt getrokken, waar het verwarmd wordt en vervolgens laag voor laag wordt afgezet. De printkop kan horizontaal bewegen en het platform beweegt verticaal op en neer nadat elke nieuwe laag is afgezet.

Het proces heeft veel factoren die de kwaliteit beïnvloeden. De druk op het materiaal moet stabiel blijven om een nauwkeurig resultaat mogelijk te maken. De temperatuur van het toegevoegde materiaal moet hoog genoeg zijn om de verschillende lagen aan elkaar te laten smelten. Het Material extrusion proces gaat als volgt:

1. Er wordt een laag gebouwd doordat het mondstuk materiaal afzet op het oppervlak van het bouwplatform.
2. De volgende lagen worden bovenop de eerder geplaatste lagen toegevoegd. na het opbouwen van een laag zakt het platform naar onder.
3. De verschillende lagen smelten na afzetting aan elkaar door de hoge temperatuur.



Afbeelding 2: proces Material extrusion (Loughborough university, z.d.).

Het Material extrusion proces kan gebruik maken van polymeren en kunststoffen:

- Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)
- PolyLactic Acid (PLA)
- PolyEther Ether Ketone PEEK
- PolyEtherimide PEI.

Voordelen van dit proces:

- Relatief goedkoop.
- Kunststoffen zijn te verkrijgen met verschil in eigenschappen.

Nadelen van dit proces:

- Doordat de lagen op elkaar worden gelegd is het oppervlakte ruwer en van mindere kwaliteit.
- De nauwkeurigheid en de snelheid van deze techniek zijn laag in vergelijking met andere technieken.
- Kleine verschillen in materiaaldruk hebben grote negatieve effecten op de kwaliteit, er kunnen gaten en dunne wanden in het ontwerp ontstaan (3dexperience, z.d.).

### 3.3 Conclusie AM technieken.

Bovenstaande technieken zijn beide in staat om reserveonderdelen te printen zoals een kap voor een elektriciteitskast. Beide technieken hebben verschillende voor- en nadelen. De voorkeur gaat uit naar de VAT polymerization techniek. Dit proces heeft een hogere nauwkeurigheid voor het maken van componenten. Zoals eerder genoemd in §3.1 beschikt het 3D-printlab van Alliander al over een VAT polymerization machine. Het 3D lab van Alliander is al bekend met deze technologie, hierdoor zijn zij in staat om nieuwe of reserveonderdelen 3D te printen.

## Hoofdstuk 4: Bedrijfsmatige consequenties

### 4.1 Spare parts

Door het 3D-printen van spare parts is Alliander niet meer afhankelijk van de originele producent. Dit betekent dat Alliander dan in staat is om zelf de kap van een elektriciteitskast te produceren, zodat niet de complete kast vervangen hoeft te worden. De niet meer verkrijgbare producten van de kast worden nagemaakt, hierdoor kan een kast langer in gebruik blijven.

### 4.2 Virtual warehousing

Het 3D-printen van 'spare parts' heeft ook betrekking op virtual warehousing. Als Alliander start met het produceren van reserveonderdelen hoeven zij niet meer een grote voorraad aan onderdelen aan te houden, omdat het zij zelf onderdelen reserve of nieuwe onderdelen kunnen maken. Wanneer een onderdeel nodig is kan die direct geprint en geplaatst worden. Dit kan het volgende betekenen:

- Het onderdeel hoeft niet meer besteld te worden bij een leverancier. Hierdoor voorkom je levertijd en kan het onderdeel vaak een dag later al geïnstalleerd worden.
- Om snel onderdelen te gebruiken zijn geen grote voorraden meer nodig. Er kunnen altijd onderdelen bij geprint worden. Door middel van virtual warehousing is het mogelijk om informatie van de voorraden naar boven te halen en tekorten bij te printen.

### 4.3 Groei 3D-print afdeling

Het 3D lab van Alliander bestaat al enige tijd, maar binnen de organisatie Alliander is het 3D lab niet breed bekend. Het 3D Lab heeft een ideeënbus waar ideeën voor 3D-Print toepassingen gedeeld kunnen worden door medewerkers van Alliander. Dit gebeurt ook en hieruit komen prototypes die uiteindelijk ingezet worden. Volgens Ramon Molenaar (3D expert Alliander) kan AM veel meer toegepast worden binnen Alliander wanneer het 3D lab meer bekendheid heeft. Het is daarom belangrijk dat 3D-print oplossingen gedeeld worden binnen de organisatie. Hierdoor leren mensen de mogelijkheden kennen en komen er steeds meer 3D-print oplossingen (Ramon molenaar, persoonlijke communicatie, 27 mei 2020).

## Hoofdstuk 5: Conclusie en aanbevelingen

### 5.1 Conclusie

Om het energienetwerken van Alliander ten allen tijde te laten functioneren zijn verschillende systemen nodig, die systemen bestaan op zijn beurt weer uit verschillende onderdelen. Het is mogelijk dat onderdelen in deze systemen defect kunnen raken, hiervoor zijn nieuwe onderdelen nodig. Het betreffende onderdeel dat defect is kan een lange levertijd hebben of is simpelweg niet meer leverbaar. Het 3D-printen van spare parts is een goede oplossing om niet verkrijgbare onderdelen te vervangen of onderdelen met een lange levertijd te verkrijgen. Alliander heeft hierdoor minder voorraden en bepaalde systemen kunnen langer in gebruik blijven. Alliander kan er voor kiezen om de onderdelen zelf te printen of een samenwerking aan te gaan met de huidige partner Materialise.

### 5.2 Aanbevelingen

Op basis van de onderzoeksresultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Het 3D-printen van spare parts.  
Het 3D-printen van niet meer leverbare onderdelen of onderdelen met lange levertijd heeft als voordeel dat er minder voorraad nodig is. Daarnaast is het mogelijk om systemen langer in gebruik te houden, omdat Alliander zich zelf van onderdelen kan voorzien. Alliander hoeft niet direct te investeren in andere 3D-printer, omdat zij al over een correcte 3D-printer beschikken met een VAT polymerisation techniek. Bovendien kunnen zij ook met de huidige partner Materialise samenwerken. Het advies is om uit te zoeken welke onderdelen in aanmerking komen om 3D te printen.
2. Het ontwikkelen van gereedschap.  
Het wordt aanbevolen om op aanvraag van technici nieuw gereedschap te ontwikkelen door middel van tooling en prototyping. Ook hier kan de huidige printer van Alliander toegepast worden. De printer is namelijk geschikt voor het maken van kunststof behuizingen en prototypes van gereedschap. Het advies is om onderzoek te doen naar de mogelijkheden van 3D-printen bij het ontwikkelen van gereedschap.
3. Meer bekendheid creëren voor het 3D lab.  
Het 3D lab heeft genoeg ruimte voor nog meer aanvragen. Het is daarom belangrijk om het personeel van alliander bewust te maken van de mogelijkheden van het 3D-printen. Het advies is om meer bekendheid te creëren voor het 3D lab door 3D-print oplossingen te delen binnen de organisatie, met nadruk op de operationele laag.

## Literatuurlijst

Alliander. (2019). *Jaarverslag 2019*. Geraadpleegd op 25 maart 2020, van <https://2019.jaarverslag.alliander.com/verslagen/jaarverslag-2019>

Eazystock. (2016) *Voordelen van virtual warehousing*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.eazystock.com/nl/blog-nl/virtual-warehousing/?cn-reloaded=1>

3dexperience. (z.d.) *Photopolymerization - VAT, SLA, DLP, CDLP*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://make.3dexperience.3ds.com/processes/photopolymerization>

Formlabs. (z.d.). *Formlabs Form 2*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://formlabs.com/3d-printers/form-2/>

Herold Cremer. (z.d.) *Minor Smart Industry: Business economic aspects of Additive Manufacturing*. Nijmegen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Herold Cremer. (z.d.). *Minor Smart Industry: Introduction to Additive Manufacturing*. Nijmegen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Herold Cremer. (z.d.) *Minor Smart Industry: Introduction to Additive Manufacturing FDM topics and design rules* [PowerPoint]. Nijmegen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Herold Cremer. (z.d.) *Minor Smart Industry: toepassingsgebieden AM product lifecycle* [PowerPoint]. Nijmegen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Loughborough university. (z.d. ). *Material extrusion* [foto]. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/material-extrusion/>

Loughborough university. (z.d. ). *VAT Photopolymerisation* [foto]. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/>

Pfähler, K., Morara, D., & Kempera, H. (2019). *Exploring Application Fields of Additive Manufacturing Along the Product Life Cycle*. Elsevier. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119303324>