

Ontwikkeling en validatie van een detectiealgoritme voor oppervlaktefouten op vlakke platen

Promotor: Prof. dr. ir. Verbeke M.

Copromotoren: dr. ing. De Ryck M
ir. Desmet T. (Decospan)

Karel Debedts
Academiejaar 2023 – 2024
Master Industriële Wetenschappen: *electronica-ICT*

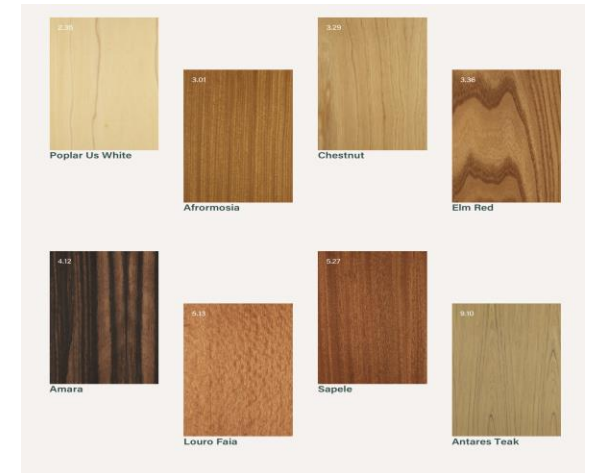
Inhoudstafel

- Thesis context
- Probleemstelling
- Doelstelling
- Literatuurstudie
- Methodologie & Implementatie
 - Dataset
 - Training
 - Resultaten
 - Inferentie
 - Proposed solution
- Financiële analyse
- Future work

Thesis context

Decospan

- Een Europese marktleider in de verwerking van fineerhout
- Hoofdkantoor te Menen
- 3^e generatie familiebedrijf
- 900 werknemers
- 100+ houtsoorten
- Omzet > 200 miljoen



Thesis context



Fineer



Muren en
meubilair



Vloeren

Probleemstelling

Kwaliteitsinspectie

Huidige situatie:

- Op het einde van productielijn voert operator manuele inspectie uit
 - Lijn verplaatst platen met een hoge snelheid
 - Oppervlaktefouten zijn relatief klein

Gevolg:

- Jaarlijks 4627 defecte platen
- Waarvan 1352 bij klant terecht komen
- Jaarlijkse logistieke kost van €60 000
- Schade aan reputatie & klanttevredenheid

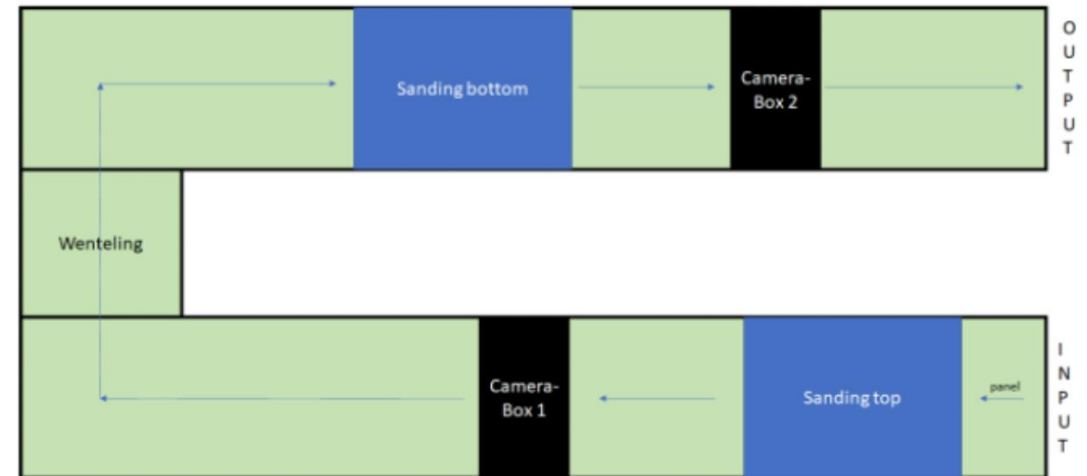


Doelstelling

“Het ontwikkelen en valideren van een visueel detectie systeem om defecten in fineerplaten te detecteren en te classificeren”

Vereisen Decospan:

- Accuracy > 90%
- Snelheid < 3s

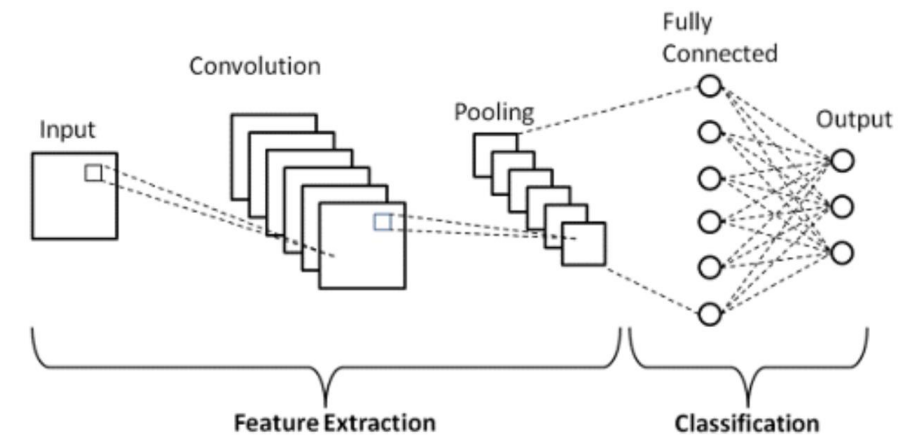


Literatuurstudie

- Air-coupled ultrasonic technology
- Stress wave-technologie
- 3D lasertechnologie
- Computed tomography-based X-ray
- Colorimetrische technieken
- Deep learning

- Lagere kost
- Hogere accuracy
- Veilig
- Flexibel

=> Hardware vs Software



Dataset

371 afbeeldingen

Manueel geannoteerd met LabelMe

- Beperkt aantal afbeeldingen
- Hoge resolutie afbeeldingen
- Onevenwichtige dataset



Vereisten CNN

Dataset: beperkt aantal afbeeldingen

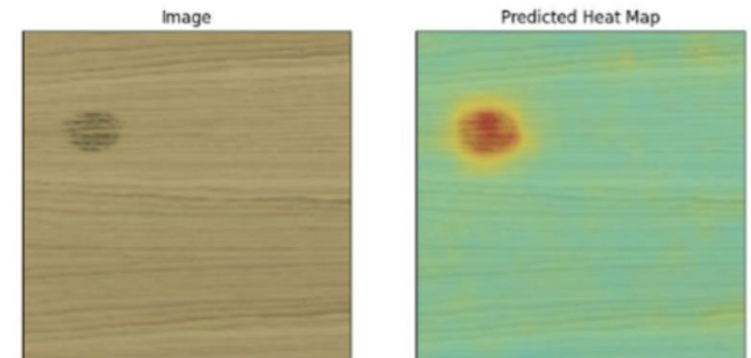
Het maken van een dataset is **niet** low effort:

- 1) Foutieve platen komen beperkt voor (0.5%) + zijn moeilijk te detecteren
- 2) Labelen is tijdsintensief en vergt expert knowledge

→ Nood aan low effort methode voor efficiënte generatie dataset

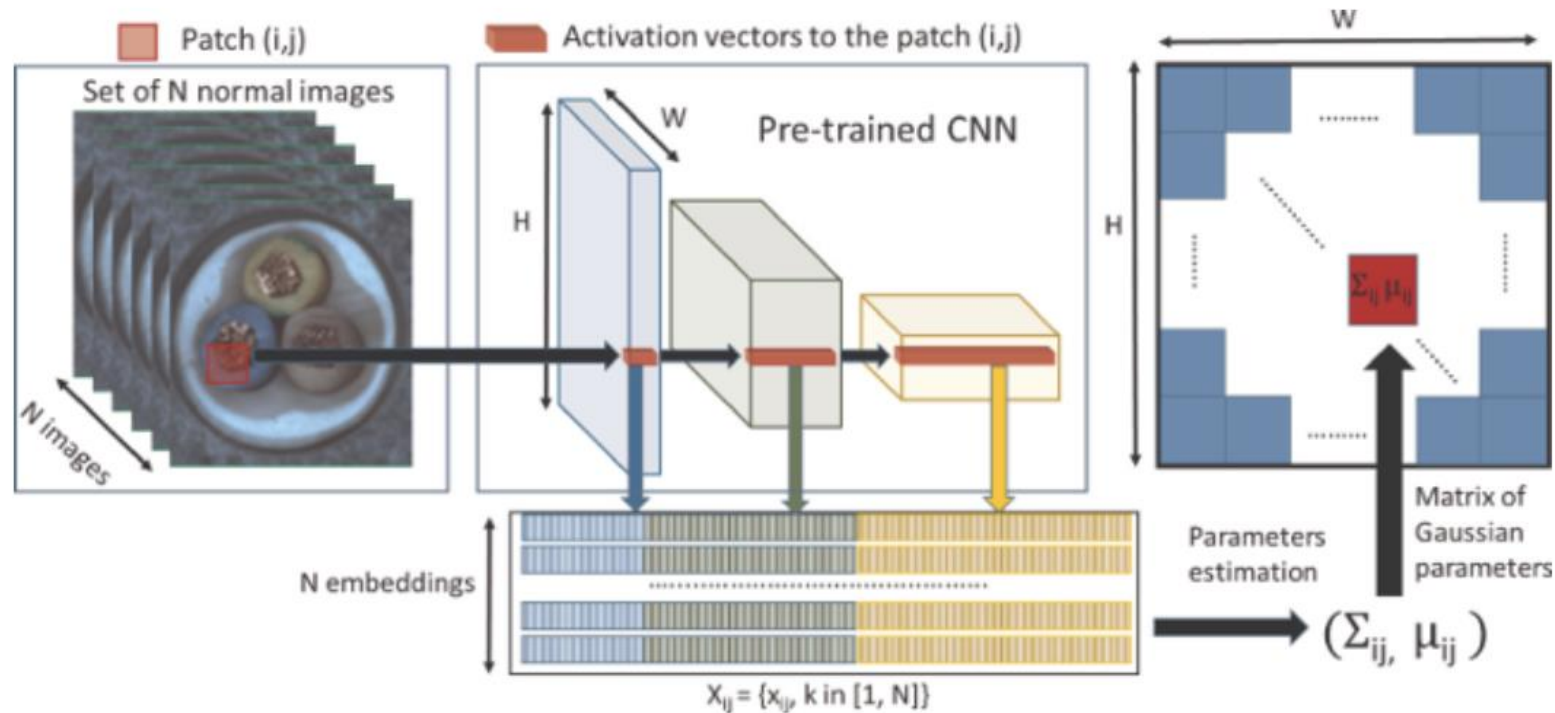
Unsupervised Anomaly Detection:

Een model, enkel getraind op foutloze platen, duidt foutieve regio's aan op nieuwe, ongeziene platen.



Unsupervised Anomaly Detection: PaDiM

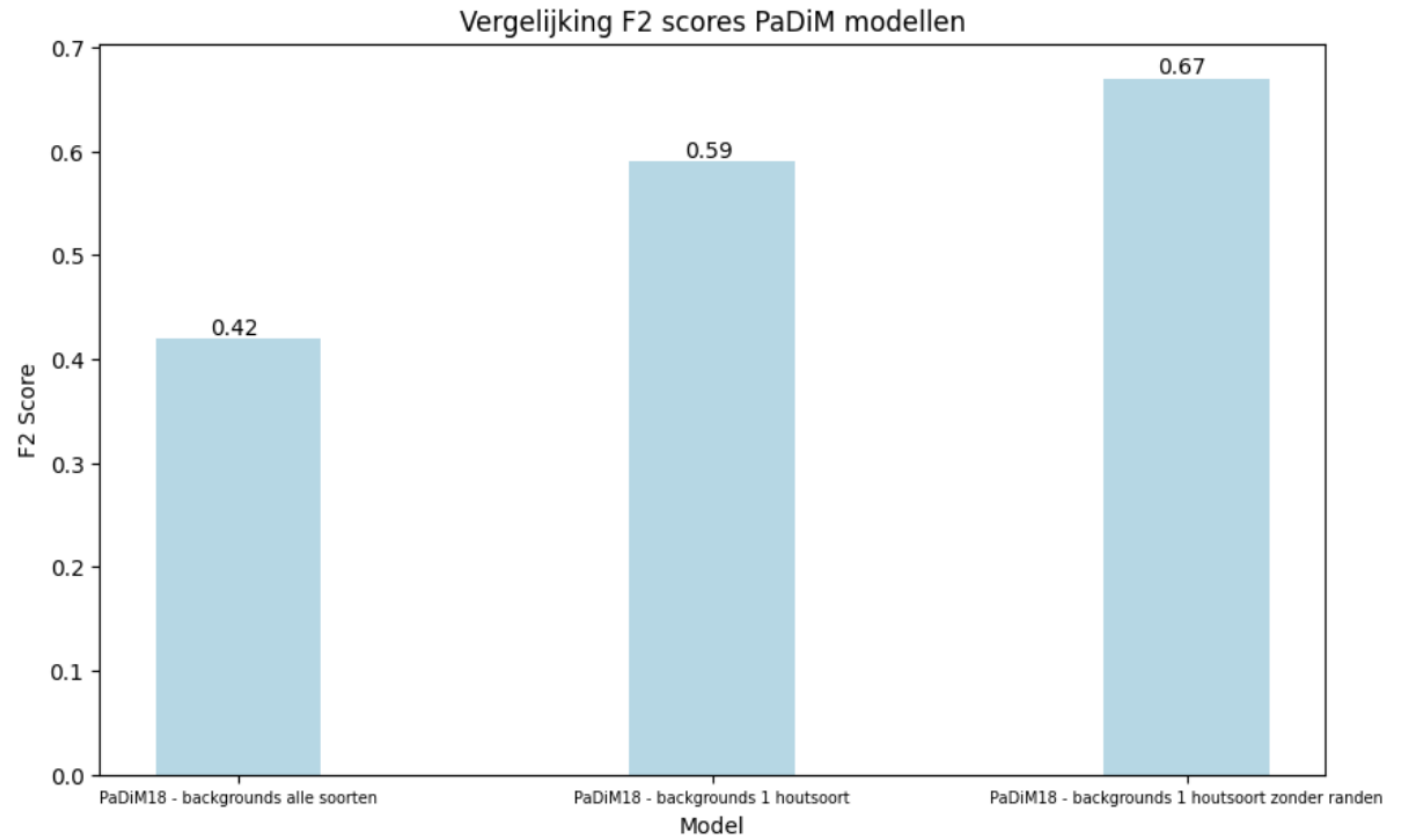
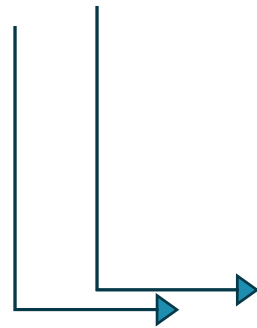
- De “one-size-fits-all” oplossing?



Unsupervised Anomaly Detection: PaDiM

- De “one-size-fits-all” oplossing?

- Gevoelig voor misalignment
- Gevoelig bij randen
- Gevoelig voor ruis



Dataset

- Beperkt aantal afbeeldingen
- **Hoge resolutie afbeeldingen**
- Onevenwichtige dataset



Vereisten CNN

Dataset: hoge resolutie afbeeldingen

Plaat

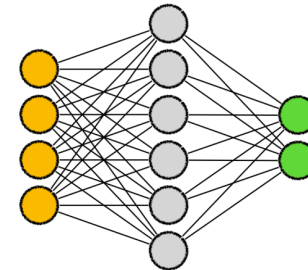


15879 x 7949

SAHI



ResNet



224 x 224

Dataset: hoge resolutie afbeeldingen

Slicing aided hyperinference (SAHI)

- Overlapping sliding windows
- Enable small object detection



Dataset

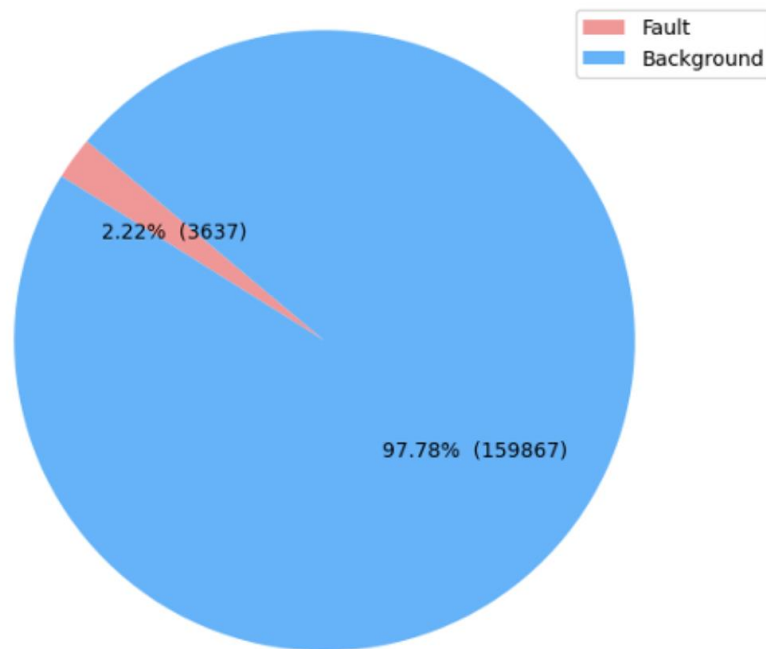
- Beperkt aantal afbeeldingen
- Hoge resolutie afbeeldingen
- **Onevenwichtige dataset**



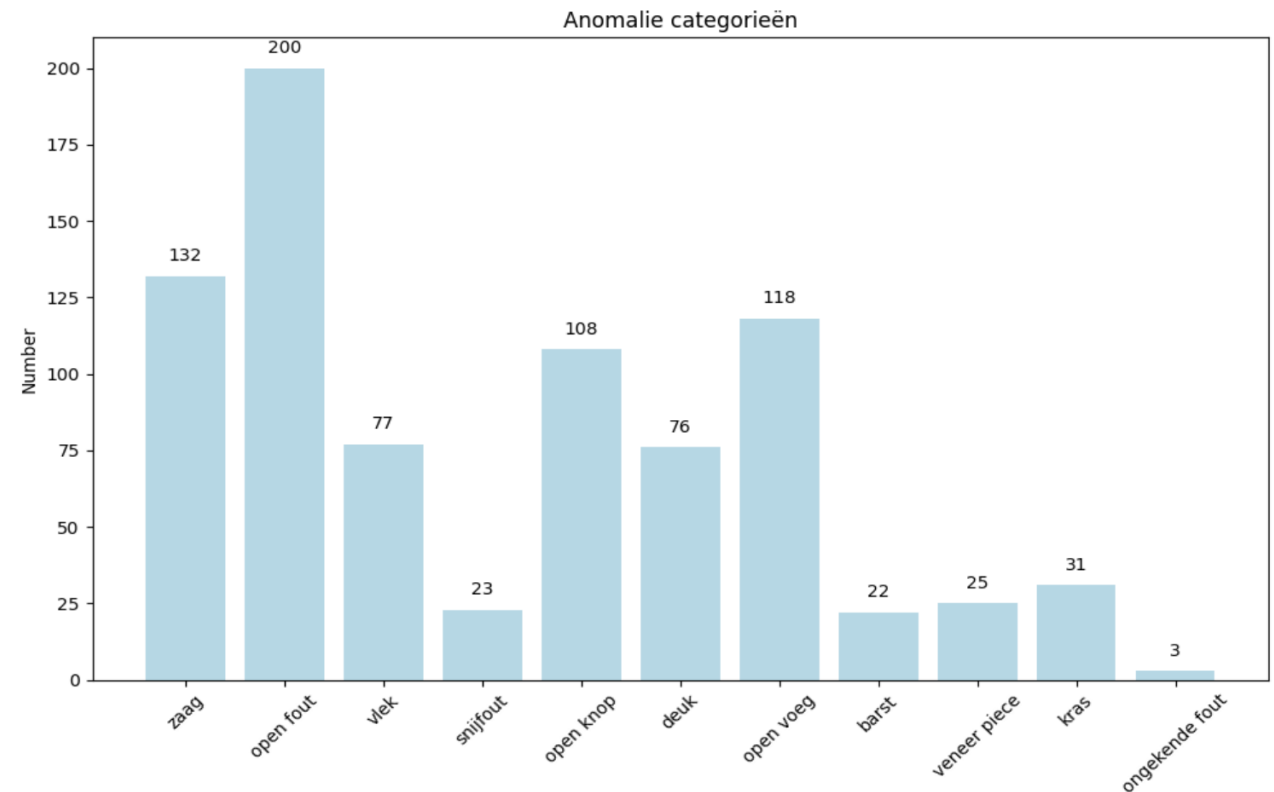
Vereisten CNN

Dataset: onevenwichtig

Background vs faulty windows

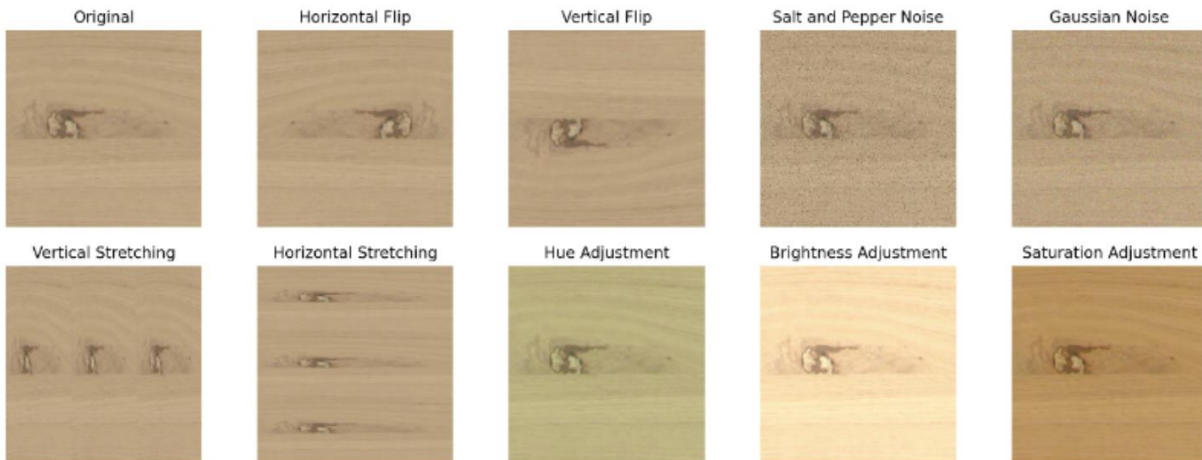


Type fout

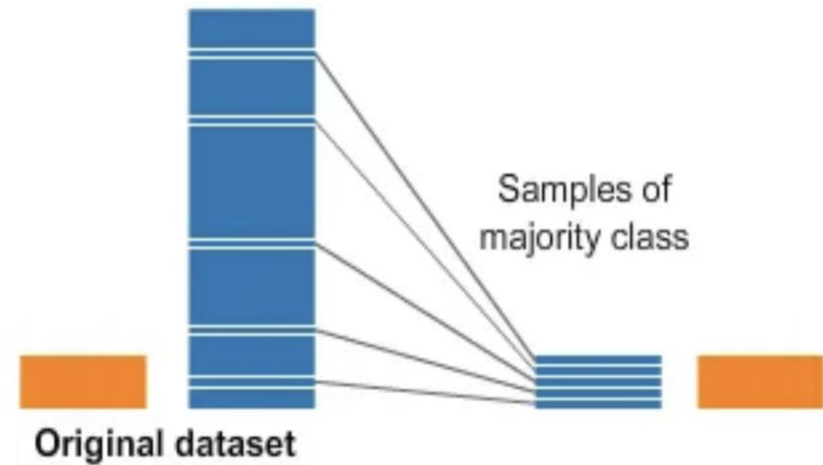


Dataset: onevenwichtig

Augmentaties



Undersampling



Inhoudstafel

- Thesis context
- Probleemstelling
- Doelstelling
- Literatuurstudie
- Methodologie & Implementatie
 - Dataset
 - **Training**
 - Resultaten
 - Inferentie
 - Proposed solution
- Financiële analyse
- Future work

Training

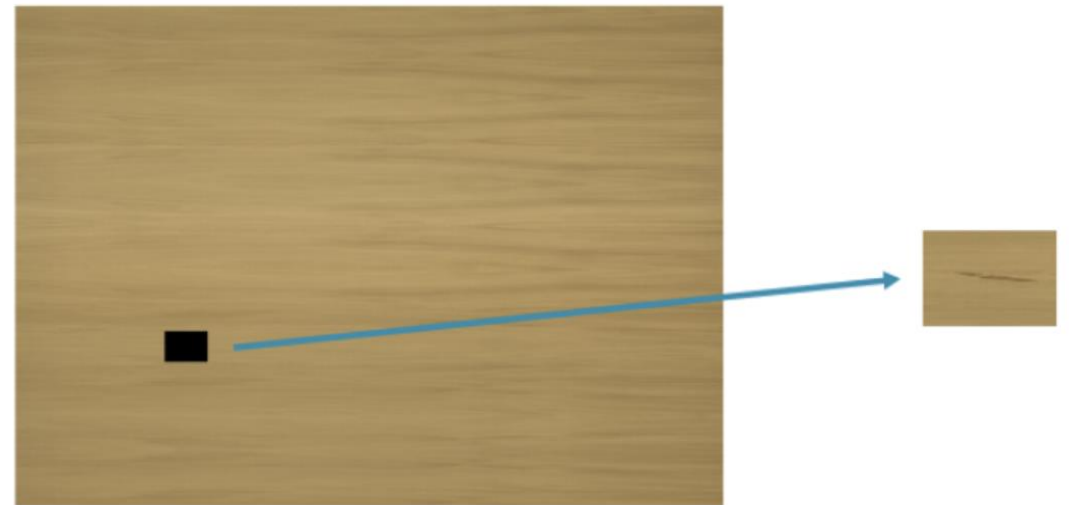
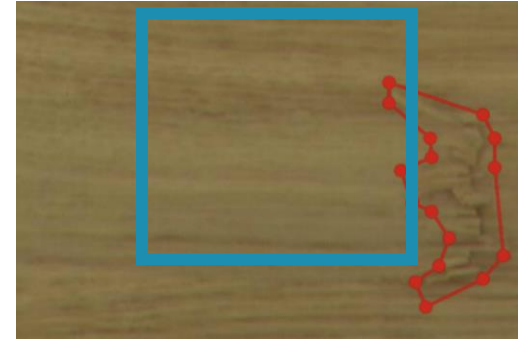
Vergelijking performantie state-of-the-art modellen

Soorten modellen:

- Binaire classificatie
 - ResNet, Yolo, AlexNet, GoogLeNet, VGG, PaDiM, ...
- Multi-class classificatie
 - ResNet, Yolo, Mask-RCNN, Paligemma, ...

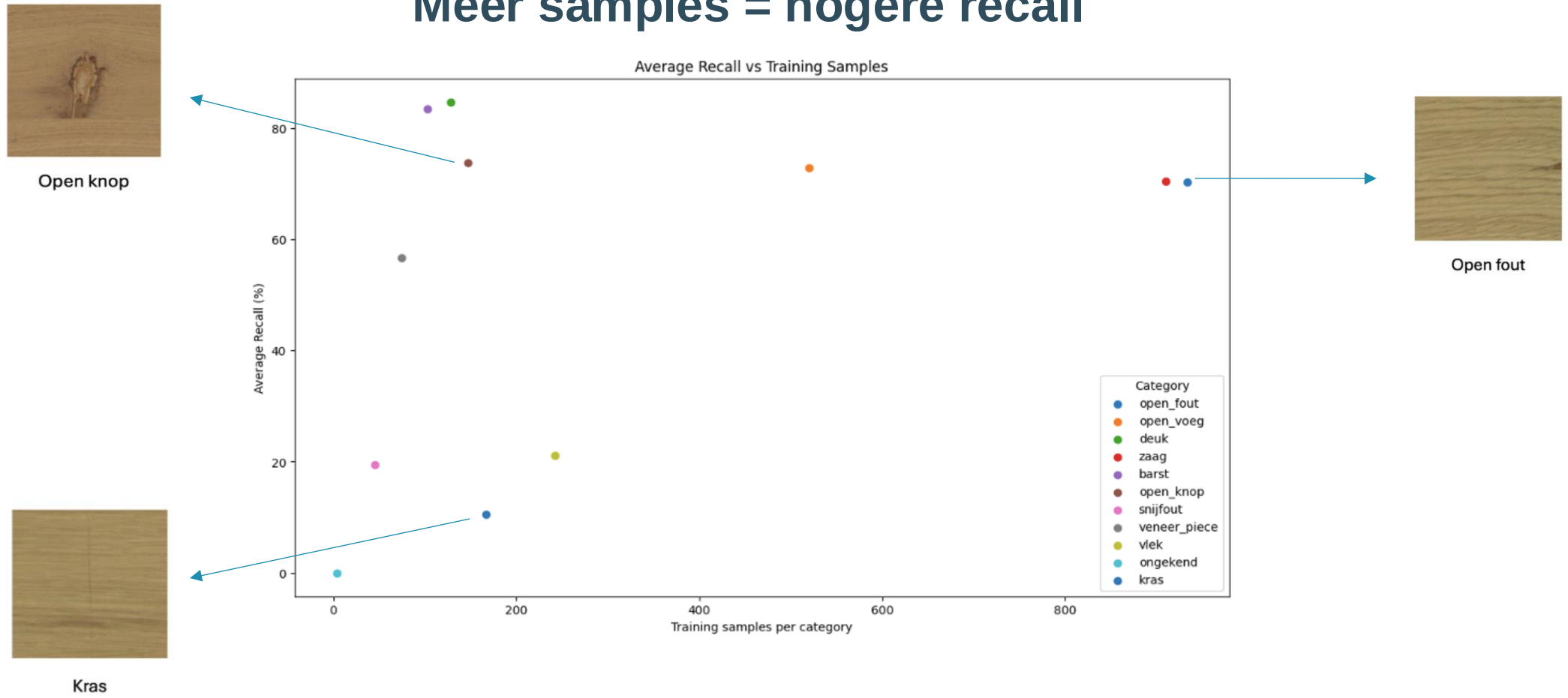
Methodologieën:

- Model per houtsoort
- Training op enkel fouten
- Cut-out methode
- Training op 5 foutcategorieën



Training: inzichten

Meer samples = hogere recall



Training: inzichten

**Effect van trainen per houtsoort sterk afhankelijk van
visibiliteit fouten tov houtsoort.**



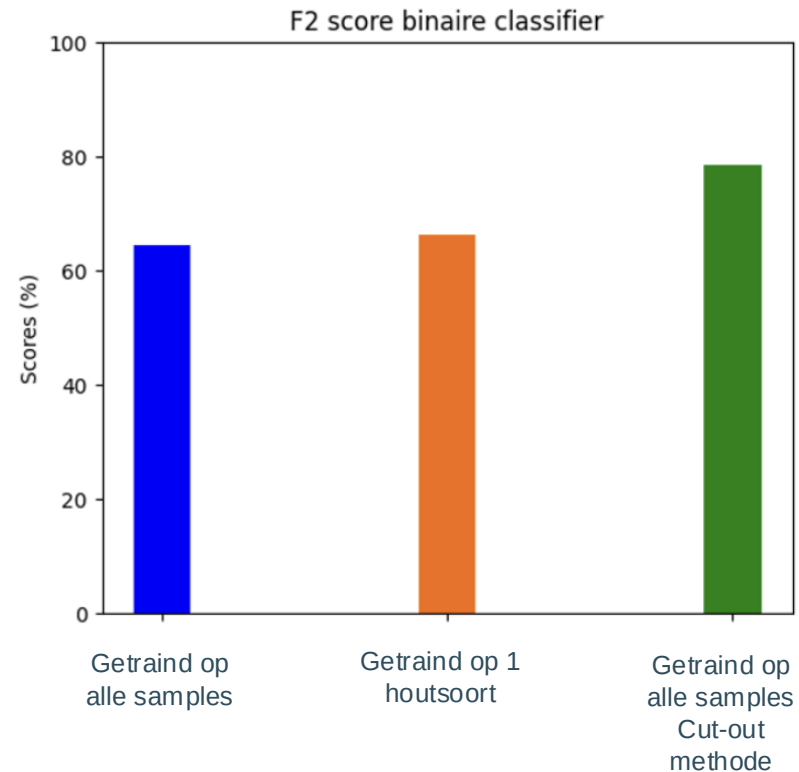
Open fout

Fineer stuk

Training: inzichten

Cut-out methode verbetert performantie aanzienlijk.

Terwijl de beperkt verbeterde performantie van een model per houtsoort praktisch onhaalbaar is.

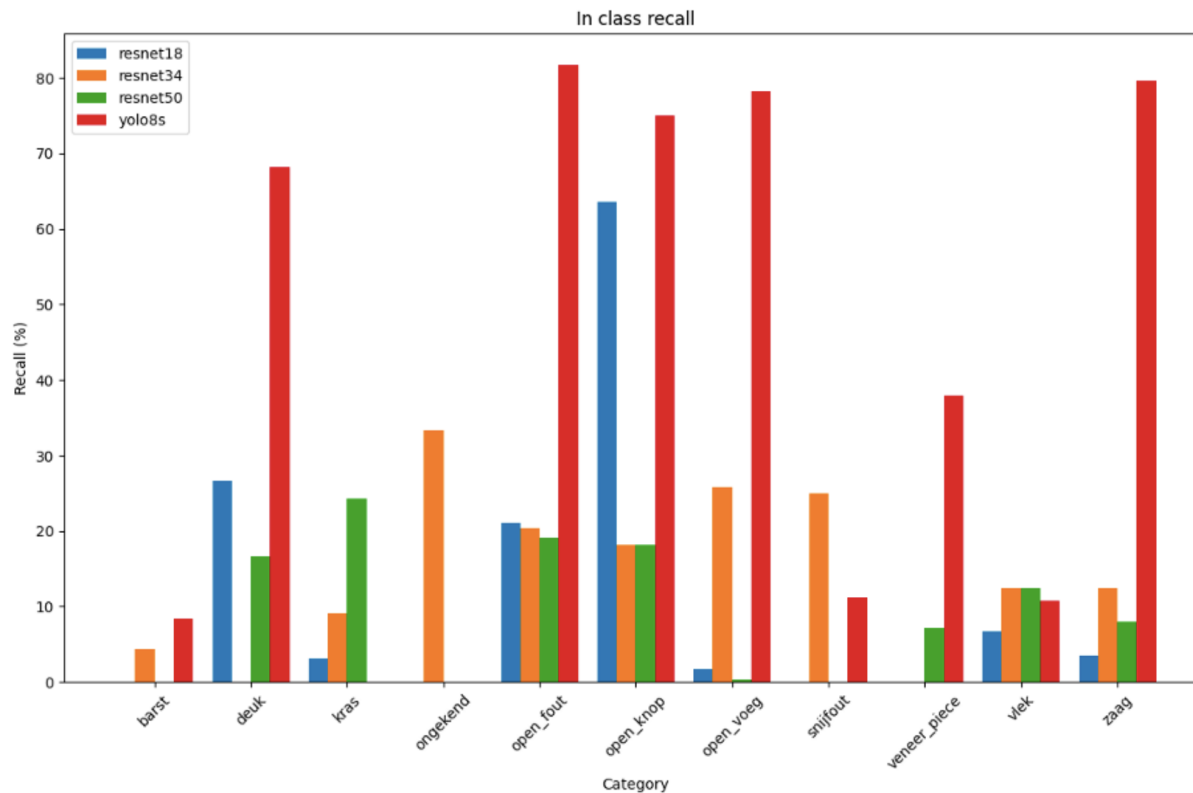


Training: inzichten

Trainen op 5 foutcategorieën biedt geen performantie voordeel.

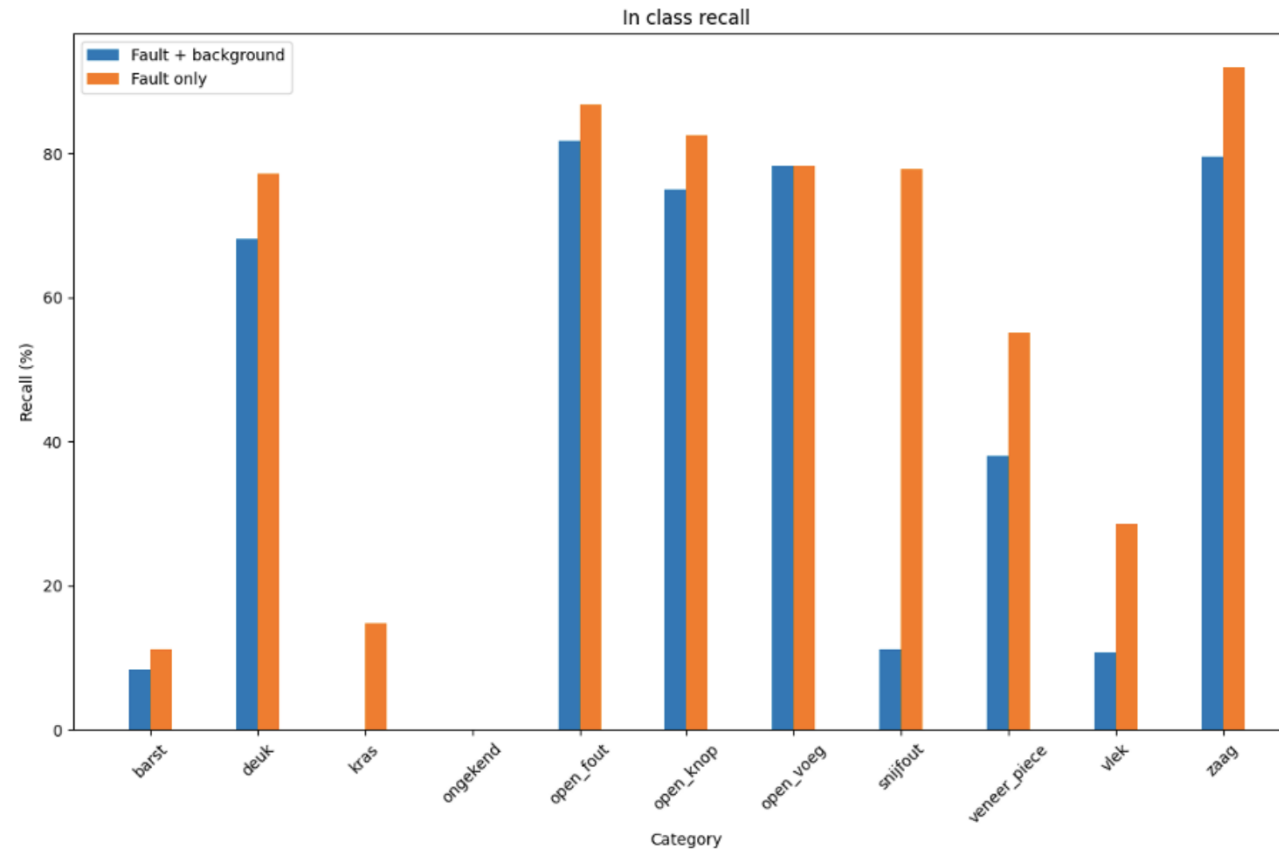
Training: inzichten

Omdat Yolo segmentatie gebruikt, is het beter in staat fouten te classificeren.



Training: inzichten

Yolo trainen op enkel fouten verhoogt de performantie.



Resultaten

Binaire classificatie

- Getraind op alle houtsoorten
- Cut-out methode
- ResNet 18 backbone

Accuracy	98,9%
Recall	75,9%
Precision	90,8%

Multi-class classificatie

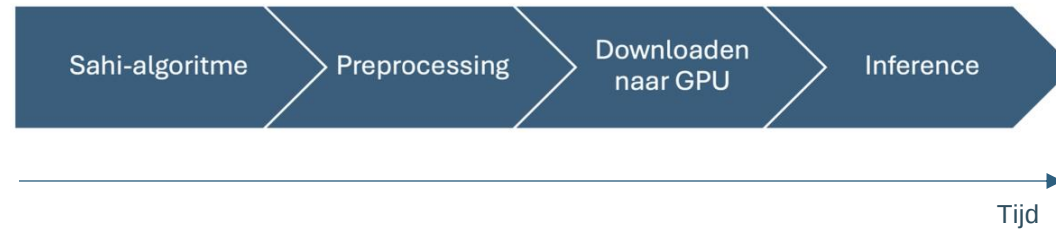
- Getraind op enkel fouten
- YOLOv8s

Accuracy	72,7%
----------	-------

Inhoudstafel

- Thesis context
- Probleemstelling
- Doelstelling
- Literatuurstudie
- Methodologie & Implementatie
 - Dataset
 - Training
 - Resultaten
 - **Inferentie**
 - Proposed solution
- Financiële analyse
- Future work

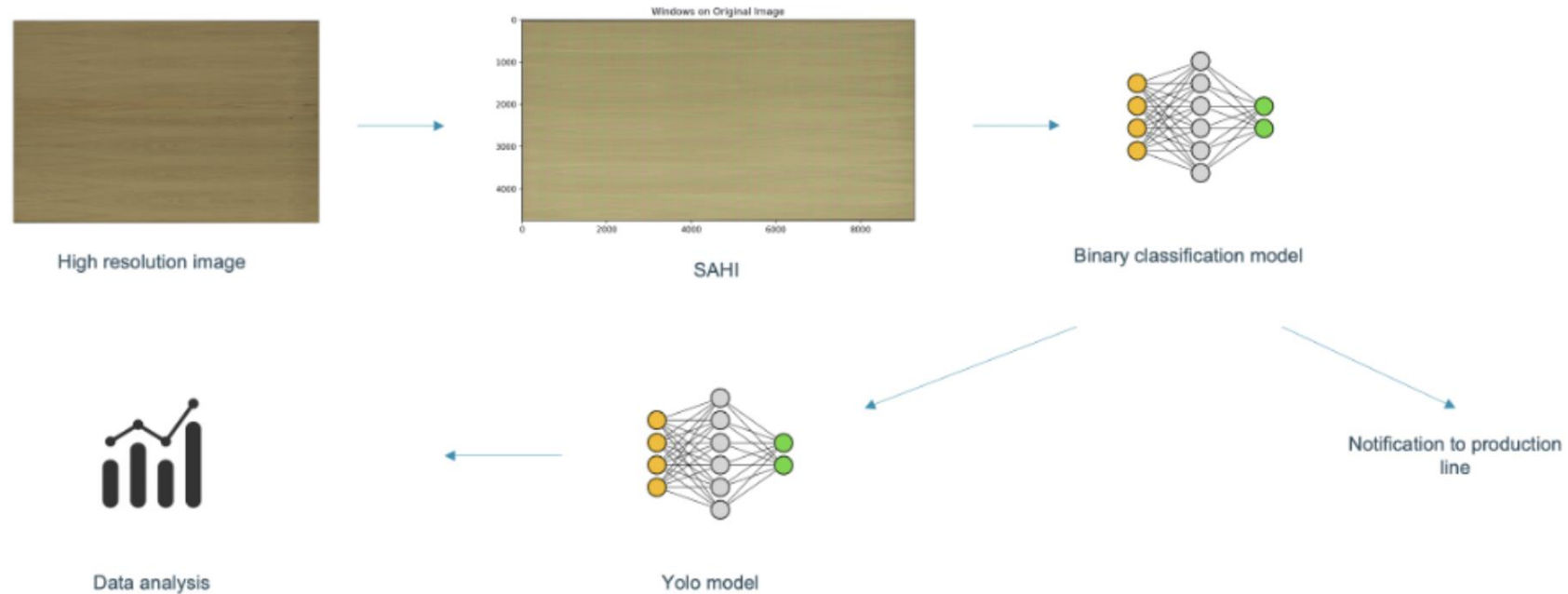
Inferentie



Type	Totale inferentietijd voor 924 windows [s]	
	Alienware	Jetson
Binaire classificatie	1.245	1.204
Multi-class classificatie	9.027	32.003

Proposed solution

- 2 stage approach
 - Yolo model krijgt enkel foutieve windows
 - Hogere performantie
 - Multi-class classificatie terug mogelijk binnen de realtime constraint



Financiële analyse

0.5% van totale productie is uitval, waarvan de operator 71% zelf detecteert.

Tabel 4.26 Vergelijking van kosten tussen manuele inspectie en AI-systeem.

Systeem	Platen bij klant	Kost door klant
Manuele inspectie	1352	€ 59 457
AI-systeem	463	€ 20 348
Verschil	889	€ 39 109

Key points:

- Investeringskost: €64 255
- Terugverdientijd: < 2 jaar
- Netto rendement: 32,8% / jaar

Future work

- Meer samples verzamelen & hertrainen modellen
- Het implementeren in de productielijn en het programmeren van een visuele weergave voor de operator.
- Het opslaan van resultaten in een algemene databank voor verdere data-analyse
- Verder onderzoek naar unsupervised anomaly detection
- Onderzoek naar LLM & Transformer networks

Bedankt voor jullie aandacht.
Zijn er nog vragen?