WETENSCHAPPEN &
BIO-INGENIEURSWETENSCHAPPEN

De onderzoeksgroep
Artificial Intelligence Lab

nodigt U graag uit op de openbare verdediging van het proefschrift van

# Simon Daenens

ter behaling van de graad van Doctor in de wetenschappen

Titel van het proefschrift:

**Power Prediction and Health-Aware Control for Offshore Wind Farms - A Graph-Based Learning Approach**

Promotor:
**Prof. dr. Ann Nowé (VUB)**
Co-promotor:
**Prof. dr. Jan Helsen (VUB)**

De verdediging heeft plaats op

**vrijdag 13 november 2026 om 14u**

Campus Etterbeek VUB, Pleinlaan 2, Elsene, Auditorium K.2.56

## Samenstelling van de jury

Prof. dr. Wolfgang De Meuter (VUB, voorzitter)
Prof. dr. Abdellah Touhafi (VUB)
Prof. dr. Peter Vrancx (VUB)
Prof. dr. Michael Howland (Massachusetts Institute of Technology, USA)
Dr. Julian Quick (Danmarks Tekniske Universitet, DK)

## Curriculum vitae

Simon Daenens behaalde zijn bachelor- en masterdiploma Lucht- en Ruimtevaarttechniek aan de TU Delft, met een uitwisselingssemester aan de University of British Columbia in Canada. Zijn masterproef ging over conditiegebaseerd onderhoud in de luchtvaart. Daarna werkte hij als data scientist bij TUI. In november 2022 begon hij aan zijn doctoraat aan de Vrije Universiteit Brussel, bij het Artificial Intelligence Lab en OWI-Lab, onder leiding van promotoren prof. Ann Nowé en prof. Jan Helsen. Zijn onderzoek richt zich op graafgebaseerde machine learning voor vermogensvoorspelling en gezondheidsbewuste sturing van offshore windparken.

## Abstract van het doctoraatsonderzoek


Offshore windenergie kent een snelle groei, en twee operationele realiteiten veranderen de uitbating van windparken. Ten eerste eisen netbeheerders steeds vaker dat parken een opgelegde vermogensreferentie volgen in plaats van maximaal te produceren. Hierdoor wordt curtailment — het beperken van de productie — eerder routine dan uitzondering. Ten tweede is, naarmate parken verouderen, de ongelijke vermoeiing van turbines — gedreven door zoginteracties — steeds bepalender voor de economische leefbaarheid. Deze thesis behandelt beide met datagedreven methoden die het windpark modelleren als een graaf van turbines gekoppeld door hun zogen, ontwikkeld en gevalideerd op echte SCADA- en veldgegevens van Belgische windparken in de Noordzee.

**Deel I** ontwikkelt methoden om het *potentieel vermogen* van elke turbine te voorspellen — het vermogen dat ze onder de heersende wind zou kunnen produceren, onafhankelijk van regelacties. Vertrekkend van een parkbreed diep neuraal netwerk dat convolutionele (ruimtelijke) en recurrente (temporele) representaties van hoogresolutie-SCADA combineert, evolueert het werk naar een spatio-temporeel graaf-neuraal netwerk (GNN) dat informatie aggregeert langs zog-bewuste kanten. Uiteindelijk wordt dit uitgebouwd tot een overdraagbaar, multi-task GNN dat generaliseert over parklay-outs en turbinetypes, en accuraat voorspelt op parken die niet in de training voorkwamen. Omdat deze modellen lokale kenmerken leren uit de beschikbare SCADA-gegevens, kan één getraind model de volledige vloot van een uitbater bedienen; ingebed in een Normal Behavior Model-kader verlagen ze het aandeel niet-gedetecteerde vermogensverliezen van ongeveer één op acht tot nagenoeg nul, en kwantificeren ze de door curtailment verloren energie.

**Deel II** gaat van voorspelling naar regeling: gegeven de overtollige capaciteit van een afgeregeld park, *hoe* moeten we de vermogenssetpoints over de turbines verdelen? Door een veldgekalibreerd Gauss–Curl Hybrid-zogmodel (FLORIS) te koppelen aan vermoeiingsschattingen uit gekalibreerde OpenFAST-simulaties, en met een coördinatiegraaf om het probleem beheersbaar te houden, introduceert dit werk een health-aware Set-Point Thompson Sampling-regelaar. Deze verlaagt de parkbrede schade-equivalente belastingen met tot 5,6 % ten opzichte van een discrete proportionele heuristiek, met behoud van de vermogensreferentie van het net — een voordeel dat standhoudt onder stochastische wind. Vervolgens wordt dit veralgemeend tot een Health-Aware Control (HAC)-kader dat zich rechtstreeks op de *levensduur* richt. In een 35-jarige levenscyclussimulatie van een windpark met 44 turbines, met het hoofdlager als levensduurbeperkende component, egaliseert het de vermoeiing over de vloot. Hierdoor wordt de eerste componentuitval door vermoeiing met ongeveer 208 dagen uitgesteld, en het levenseinde zonder efficiëntieverlies gesynchroniseerd, zodat ontmanteling als één gecoördineerde gebeurtenis kan worden gepland.