

Realtime geluidsreductie voor operationele windturbines is afhankelijk van geautomatiseerde software die direct is geïntegreerd in de SCADA-architectuur (Supervisory Control and Data Acquisition) van de turbine. Omdat er geen fysieke "demper" op bewegende bladen kan worden geplaatst, beperkt software het geluid in realtime met behulp van twee kernbenaderingen: **Active Flow/Blade Control** (het verminderen van aerodynamische ruis) en **Operational Noise Curtailment Modes (NRO)** (dynamisch vertragen wanneer geluidsdrempels worden overschreden). [1, 2, 3]

1. Dynamische NRO- en toonhoogteregeleingssoftware

De meeste grote OEM's van windturbines integreren eigen **Smart Noise Control Systems** in hun controllers om het geluid tijdens de vlucht te verminderen door de bladhoek en de rotorsnelheid dynamisch aan te passen: [1, 2]

- **Vestas OptiTip / NRO:** SCADA-geïntegreerde software die de balans tussen energieopbrengst en geluidsemissie optimaliseert. Het berekent continu de optimale bladhoek op basis van realtime windsnelheid, windrichting en tijdstip, en zorgt zo voor naleving van de lokale geluidsnormen voor woongebieden.
- **Siemens Gamesa Dynamic NRO:** Beperkt automatisch het turbinevermogen alleen wanneer specifieke meteorologische omstandigheden (zoals een laag achtergrondgeluid of een hoge windschering) worden gedetecteerd, waardoor onnodig energieverlies wordt voorkomen.
- **GE WindSCADA NRO-modules:** Programmeerbare intelligente logica die het toerental van de turbinebladen aanpast tijdens kritieke uren of bij specifieke windrichtingen om het geluidsniveau onder strikte drempelwaarden te houden.

2. Actieve stroomregeling (aerodynamische damping)

Het aerodynamische geluid van de bladen is het moeilijkst te reguleren. Geavanceerde systemen gebruiken software in combinatie met fysieke sensoren op de bladen om de luchtstroom in realtime te stabiliseren: [4]

- **Actieve stroomregelingssystemen:** Software regelt micro-gecomprimeerde luchtjets langs de achterrand van het blad om de turbulentie dynamisch te stabiliseren en het "suisende" aeroakoestische geluid te onderdrukken wanneer de windsnelheid verandert. [3]
- **Windworks AI:** Biedt slimme, gesloten-lus besturingssoftware voor het beheer van turbinebladen, waarbij sensorgegevens worden gebruikt om de aerodynamica van de turbine aan te passen en de milieu-impact te verminderen. [6]

3. Edge-AI & Actieve ruisonderdrukking (ANC) van de aandrijflijn

Voor het laagfrequente mechanische gezoem afkomstig van de versnellingsbak en de generator wordt gespecialiseerde software gebruikt voor **actieve structurele damping** : [1, 4]

- **Wölfel ADD.Sound :** Gebruikt structurele sensoren die in de gondel zijn geplaatst om trillingen in realtime te volgen. De software berekent een onmiddellijke tegenkracht en stuurt elektrodynamische actuatoren aan om de tonale frequenties van de versnellingsbak te neutraliseren voordat ze zich door de stalen toren kunnen verspreiden. [4]

4. Realtime akoestische monitoring en koppelingen naar regelgeving

Om realtime beperking automatisch te activeren, heeft de software veldgegevens nodig:

- **Aercoustics Aura :** Een gespecialiseerd systeem voor veldmonitoring op afstand dat in realtime de omgevingsgeluidsniveaus, windsnelheden en -richtingen meet. Het stuurt gegevens naar een webdashboard, waardoor operators geautomatiseerde API-waarschuwingen kunnen instellen die turbine-afschakelingssoftware activeren wanneer de geluidsgrenzen worden overschreden. [5]

[1] <https://eureka.patsnap.com>

[2] <https://sosacoustics.co.uk>

[3] <https://www.alerion.it>

[4] <https://blog.3ds.com>

[5] <https://aercoustics.com>

[6] <https://www.windworks.ai/wind-turbines-control-software>