

BERICHT – SCHWIMMBAD GIGANTIUM

Optimierung der Belüftung und des Energieverbrauchs durch den Einsatz von Nordicco HVLS-Ventilatoren

DEZEMBER 2024

Erstellt von Ole Bering Bang
Chefingenieur und Entwicklungsingenieur, Nordicco A/S



Übersicht

In diesem technischen Bericht wird ein von Nordicco A/S durchgeführtes Testprojekt vorgestellt, bei dem 3 HVLS-Ventilatoren (High Volume Low Speed) im Schwimmzentrum Gigantium in Aalborg installiert wurden. Ziel des Projekts war die Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumklimas durch die Optimierung des Betriebs der Lüftungsanlage.

Über einen Zeitraum von August bis Dezember 2024 konnte die Leistung der Lüftungsanlage deutlich von 27 kW auf 16,5 kW, also um fast 39 %, reduziert werden. Diese Verbesserung wurde durch sorgfältige Überwachung, Datenerfassung und schrittweise Anpassung der Lüftungseinstellungen, einschließlich der Luftmengen, des Luftdrucks und der Umluftmenge, erreicht. Die Bedeutung des Projekts wird durch eine wirtschaftliche Analyse untermauert, die eine jährliche Energieeinsparung von 91.980 kWh zeigt, was einer finanziellen Einsparung von 24.834 € entspricht.

Mit einer Amortisationszeit von ca. 1,9 Jahren und einer CO₂-Einsparung von 9.565 kg pro Jahr wird die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit des Projektes unterstrichen. Auch die Rückmeldungen der Schwimmbadnutzer bestätigen eine Verbesserung des Raumklimas.

Dieses Fallbeispiel dient somit als konkretes Beispiel, wie eine gezielte Energieoptimierung eine entscheidende Rolle im nachhaltigen Gebäude- und Energiemanagement spielen kann.

Einleitung

Gigantium Aalborg und Nordicco A/S haben ein Projekt zur Installation von drei HVLS-Lüftern von Northern Air® Aggressive Environment in ihrem Schwimmbad vereinbart. Einer über der Wasserrutsche, einer über dem 25-Meter-Becken und einer über dem Sprungbecken.

Die HVLS-Ventilatoren wurden von Nordicco's Partner Jysk Erhverv Klatring installiert, während die Elektroarbeiten von HETEK A/S ausgeführt wurden. Die Installationsarbeiten fanden am 29. und 30. August 2024 statt. Nach der Installation wurde mit der Inbetriebnahme begonnen. In diesem Bericht werden sowohl der Inbetriebnahme Prozess als auch das Erreichen der Projektergebnisse detailliert beschrieben.

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Messgeräte installiert:

- 3 Temperatur-, Feuchte- und CO₂-Messgeräte, die in den bewohnten Bereichen installiert wurden.
- 3 Temperatur- und Feuchtigkeitsmessgeräte unter der Decke.
- 1 Leistungsmesser, der den Stromverbrauch der Gruppe 2F6 (Lüftungsanlagen) misst.

Das Projekt wurde von den folgenden Personen durchgeführt:

Gigantium Aalborg

- Henrik Gøthgen
- Knud-Erik Rasmussen
- Dan Peter Pedersen

Nordicco A/S

- Ole Bering Bang
- Mathias Thomsen

Während der gesamten Laufzeit des Programms fanden alle zwei Wochen regelmäßige Projekttreffen statt.

Inhalt

Übersicht.....	1
Einleitung.....	2
Annahme.....	4
Theoretische Erläuterung HVLS.....	4
Dimensionierung von HVLS-Ventilatoren.....	4
Platzierung von 3 Stück Northern Air® Aggressive Environment.....	5
Einstellung Belüftungssysteme.....	8
Schwerpunkte.....	8
Vorgangsweise.....	8
1. Installation von Northern Air® Aggressive Environment Ventilatoren.....	8
2. Erste Einstellungen und Beobachtungen.....	8
3. Erste Anpassungen.....	8
4. Fortlaufende Optimierungen.....	8
5. Überwachung und Feedback.....	9
6. Endgültige Ergebnisse.....	9
Schlussfolgerung.....	11
Wirtschaftliche Schlussfolgerung.....	12
Anhang.....	13
Logbuch Gigantium.....	13
Lüftungssysteme - Energiediagramme.....	16
Luftfeuchtigkeit.....	17

Annahme

Durch die Optimierung des Betriebs der Lüftungsanlage durch Anpassung der Luftmengen, des Luftdrucks, der Umluft und der HVLS-Ventilator Drehzahl kann der Energieverbrauch um mindestens 20 % gesenkt werden, wobei das Raumklima im Schwimmbad Gigantium erhalten bleibt oder verbessert wird.

Theoretische Erläuterung HVLS

HVLS-Ventilatoren (High Volume Low Speed) sind dafür ausgelegt, große Luftmengen bei niedriger Drehzahl und geringem Energieverbrauch zu fördern. Aufgrund der niedrigen Drehzahl kann sich die Luft über lange Strecken in einer überwiegend laminaren Strömung bewegen. Dies trägt zu einer gleichmäßigeren Durchmischung der Luft in großen Räumen bei, wodurch eine gleichmäßigere Temperatur und Luftqualität im gesamten Raum gewährleistet wird. Daher können HVLS-Systeme besonders effektiv in großen, offenen Räumen wie Sporthallen, Schwimmbädern und großen Industrieanlagen eingesetzt werden, in denen eine gleichmäßige Luftverteilung wichtig ist, um Komfort und Energieeffizienz zu gewährleisten.

Dimensionierung von HVLS-Ventilatoren

Die Dimensionierung von Nordicco HVLS-Ventilatoren erfolgt nachfolgendem Ansatz

1. Wir wählen den größtmöglichen Ventilator, den der Raum zulässt. Dies gewährleistet die beste Luftdurchmischung bei niedrigster Drehzahl und höchster Energieeffizienz.
2. Wir empfehlen zwischen 3 und 5 Luftumwälzungen pro Stunde. Für dieses spezifische Schwimmbad schätzt unser Luftbewegungsmodell, dass 3 HVLS-Ventilatoren mit einem Durchmesser von 5 m erforderlich sind.

5-meter NORTHERN AIR® PRO			
Air Circulation	5	Times per Hour	
Area	Height	Total Building Volume	
2500 m ²	12 meter	30.000 m ³	
Fan Load setting in %			40
Total Air Movement per Nordicco Fan	72.760	m ³ /hr	
Required Number of Nordicco HVLS Fans	3	Units	
Total Air Movement	218.281	m ³ /hr	
Area Covered per Fan	833	m ²	
Energy Efficiency	1819	m ³ /Wh	
Total Effect	120	W	
Operating Hours per Day	24	hrs.	
Total Daily Energy Consumption	2,88	kWh/day	

- Unsere Besichtigung vor Ort entscheidet über die endgültige Platzierung der Ventilatoren. Wir bemühen uns, die Ventilatoren so hoch und zentral wie möglich zu platzieren, soweit es die räumlichen Gegebenheiten zulassen. In diesem speziellen Fall sind die Ventilatoren auf einer Seite angebracht, da das Dach nach oben geneigt ist

Platzierung von 3 Stück Northern Air® Aggressive Environment

Die folgenden 3 Skizzen zeigen den Standort der Ventilatoren im Kinderbereich, bei den Schwimmbahnen und beim Sprungbecken. Der Standort am Kinderbecken wurde gewählt, weil die Installation nur mit einem Hubsteiger durchgeführt werden konnte und nicht mit Industriekletterern.

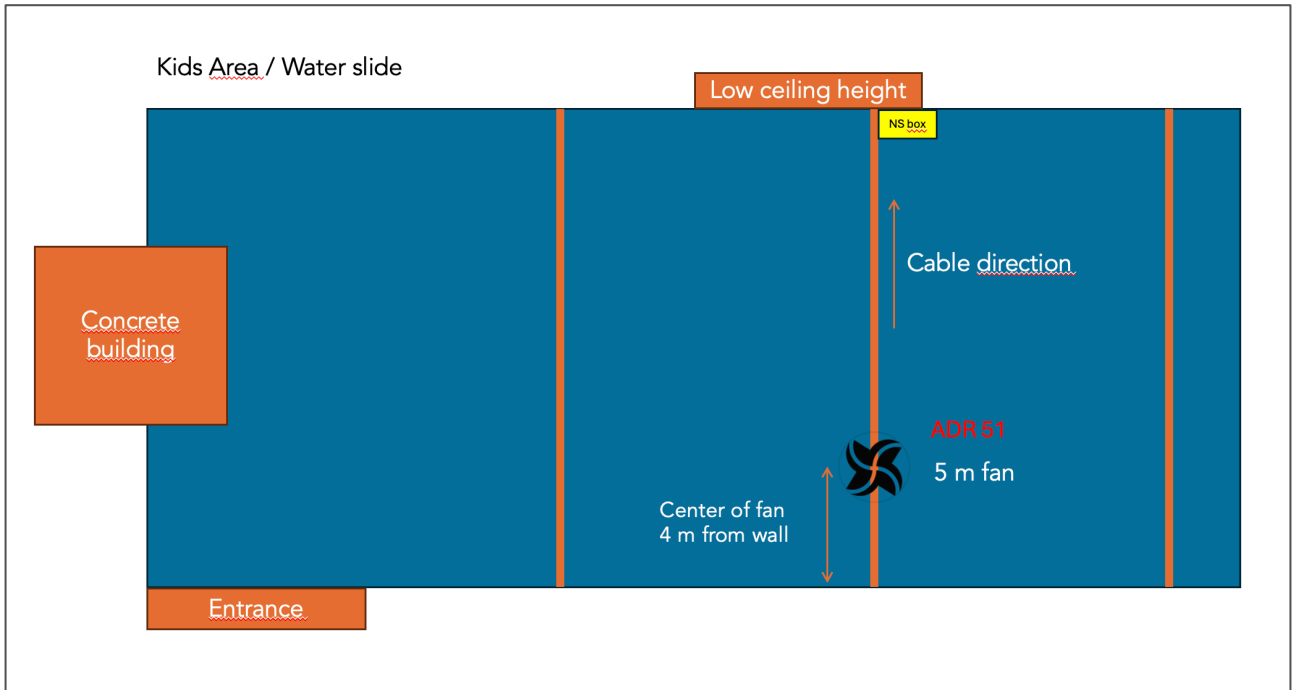


Abbildung 1 - Kinderbereich Rutschbahn

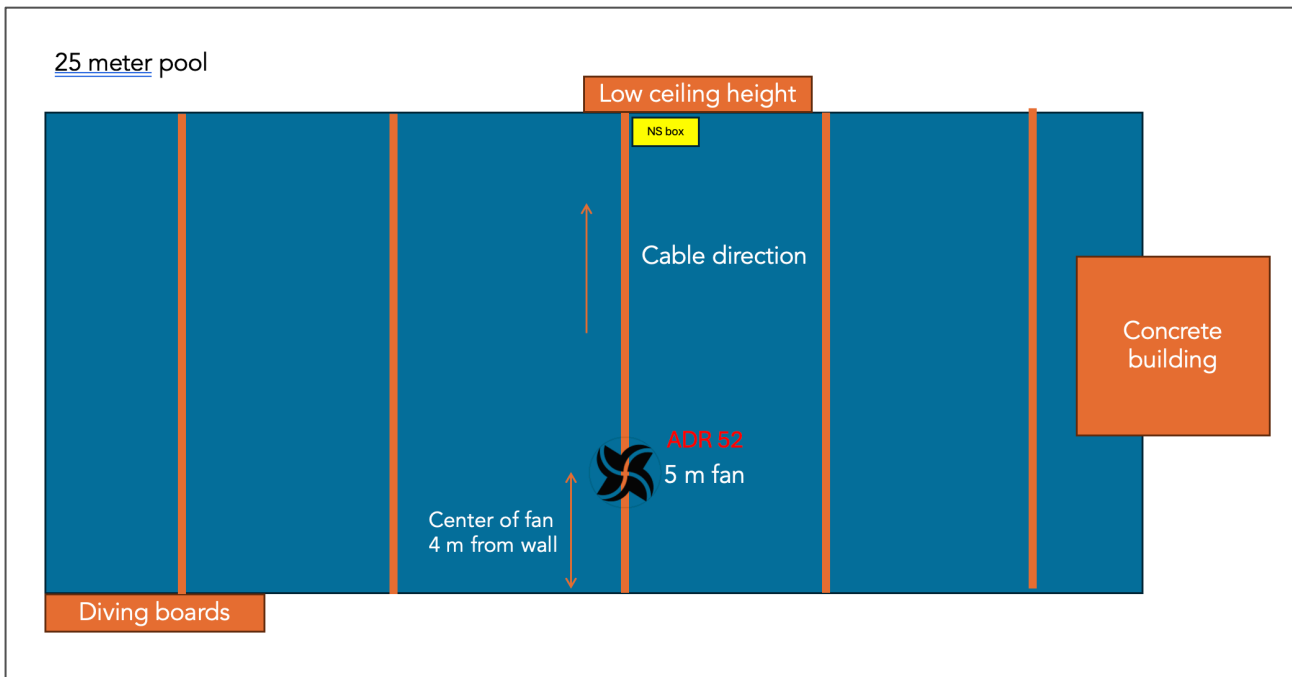


Abbildung 2 - Schwimmbecken

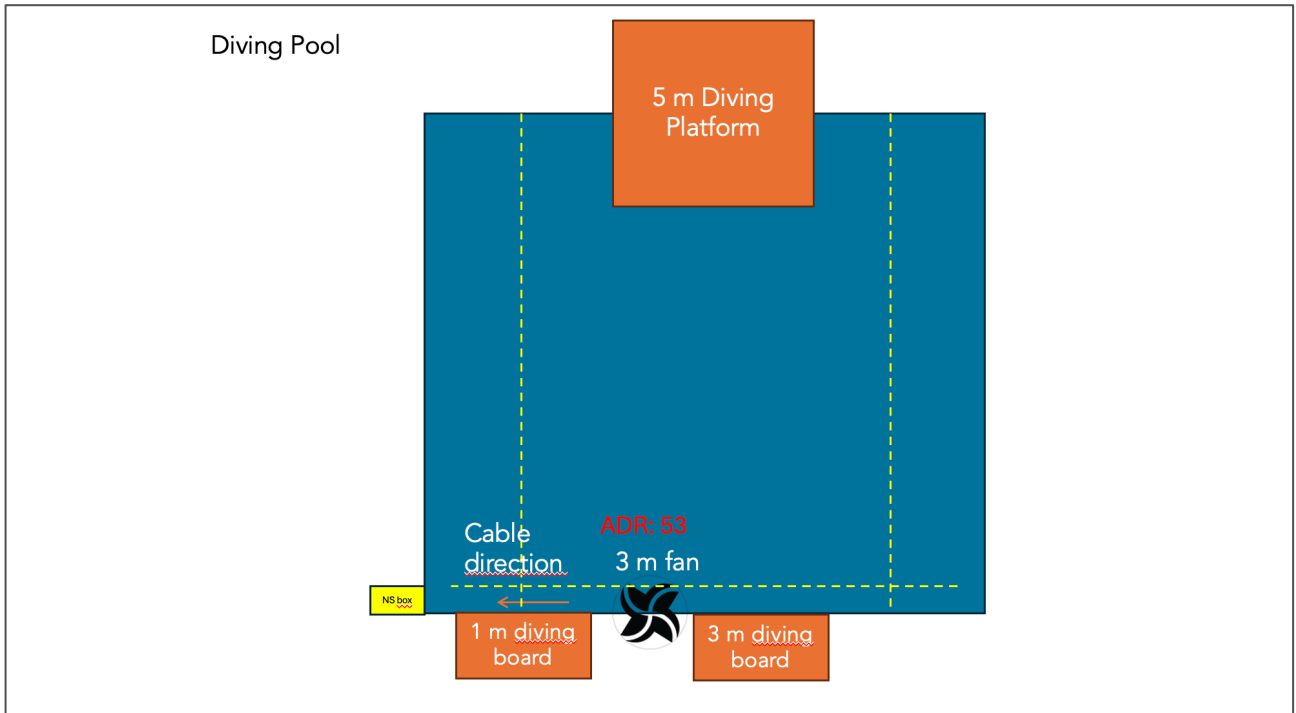


Abbildung 3 - Sprungbecken

Einstellung Belüftungssysteme

Schwerpunkte

- Einstellung der Umluftklappe (Frischluft)
- Druck (Pa) im Belüftungssystem (Volumenstrom)
- Luftfechtigkeitsregelung (RH%)
- Luftfeuchtigkeit im Schwimmbad (RH%)
- Temperaturen im Schwimmbad (°Celsius)
- HVLS-Geschwindigkeit (%)
- Feedback von Nutzern und Mitarbeitern

Vorgangsweise

Die Optimierung des Lüftungssystems im Gigantium erfolgte nach einem strukturierten Ansatz, der die Installation, die Anpassung und die kontinuierliche Überwachung umfasste, um einen optimalen Betrieb und Energieeinsparungen zu erreichen.

1. Installation von Northern Air® Aggressive Environment Ventilatoren

Am 29. August 2024 wurden 3 Nordicco-Ventilatoren vom Typ 'Northern Air® Aggressive Environment' im Schwimmbad Gigantium installiert.

2. Erste Einstellungen und Beobachtungen

Nach der Installation hatte die Lüftungsanlage folgende Einstellungen: Außenluftklappe auf mindestens 60 %, konstanter Luftdruck von 45-55 Pa und HVLS-Ventilatoren auf 70 % Drehzahl (Reverse, d. h. Luftbewegung nach oben). Die Lüftungsanlage benötigte eine Leistung von 27 kW.

Es wurde beobachtet, dass die Luftfeuchtigkeit in der Nacht zu niedrig wurde (Abbildung 9)

3. Erste Anpassungen

Bei der ersten Nachbesprechung des Projektes wurden mehrere Anpassungen zur Verbesserung der Systemleistung vorgenommen:

- Die Minimaleinstellung der Frischluftklappe wurde von 60% auf 50% reduziert.
- Der Luftdruck (Pa) wurde um 10 % reduziert.

Diese Maßnahmen führten zu einer Reduzierung des Stromverbrauchs der Lüftung auf 24 kW.

4. Fortlaufende Optimierungen

In den folgenden Monaten wurde das System feinabgestimmt, wobei der Schwerpunkt auf dem Gleichgewicht zwischen Energieeinsparungen und der Aufrechterhaltung eines angenehmen Raumklimas lag. Zu den wichtigsten Änderungen gehörten:

- Die Minimaleinstellung der Frischluftklappe wurde weiter auf 45 % reduziert.
- Der Luftdruck wurde in einem Bereich zwischen 30 und 40 Pa eingestellt.

- Der Betrieb der HVLS-Ventilatoren wurde auf 60 % reduziert. Bis Ende November 2024 wurde die Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage auf 19,9 kW reduziert.

5. Überwachung und Feedback

Die Messwerte wurden kontinuierliche überwacht, um sicherzustellen, dass das System optimal funktioniert. Die Daten der digitalen Verwaltungsplattform Northern Sky® wurden analysiert, und bei Bedarf wurden Anpassungen vorgenommen. Die Rückmeldungen der Rettungsschwimmer und anderer Mitarbeiter zeigten, dass sie mit dem Innenraumklima zufrieden waren, was die Wirksamkeit der vorgenommenen Änderungen bestätigte.

6. Endgültige Ergebnisse

Am Ende des Optimierungsprozesses im Dezember 2024 war die Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage auf 16,5 kW reduziert worden (Abbildung 4). Dies wurde ohne Beeinträchtigung des Raumklimas im Schwimmbad oder des Komforts der Nutzer erreicht.

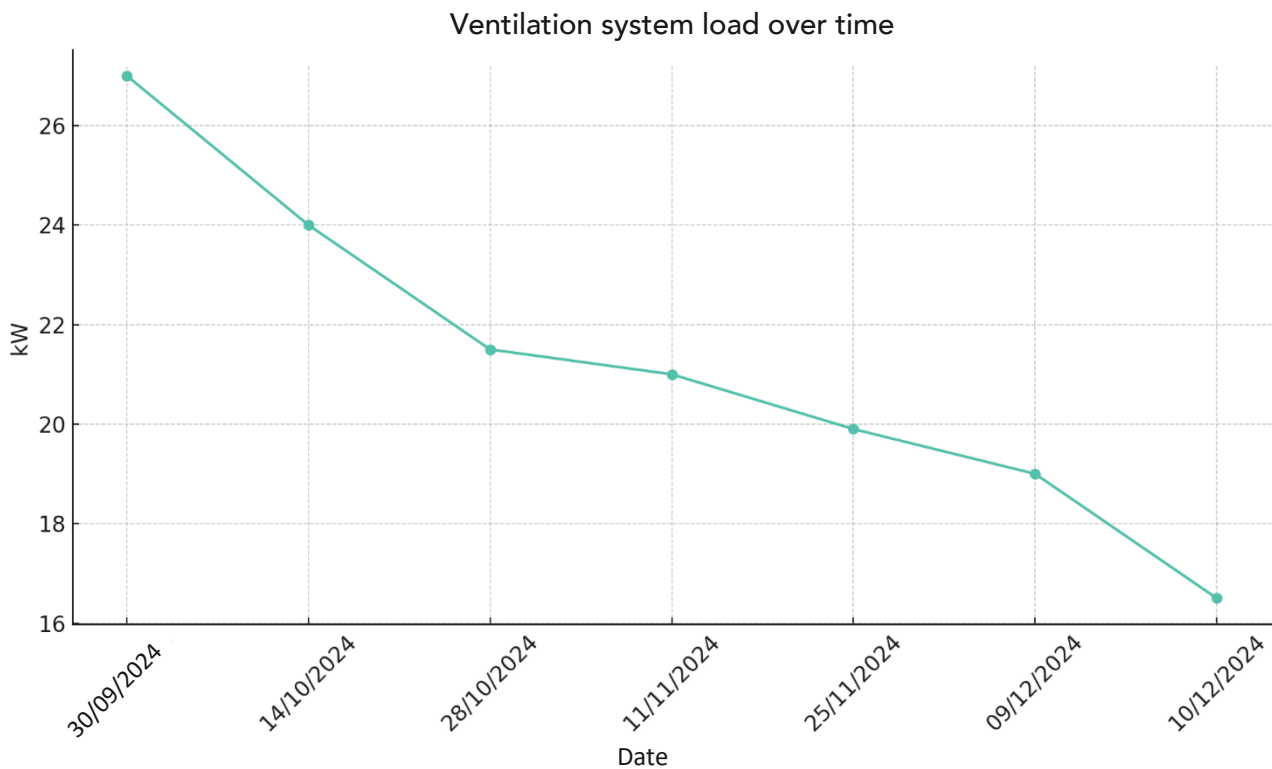


Abbildung 4 - Zeigt die Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage während des Optimierungsprozesses

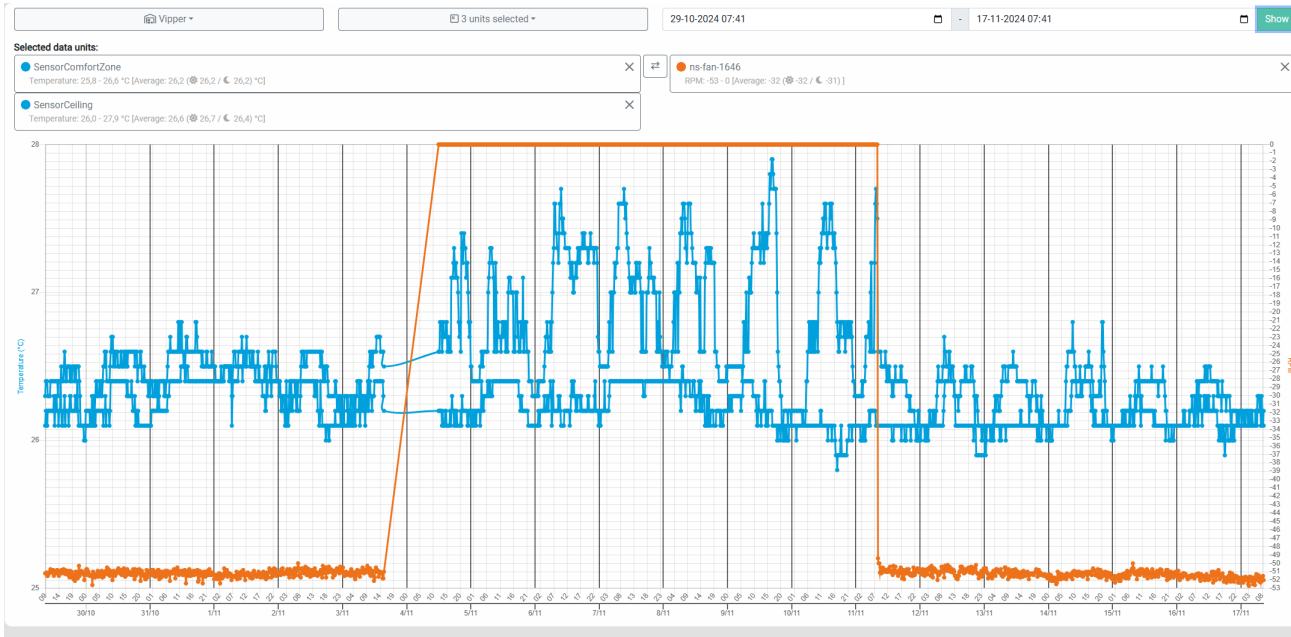


Abbildung 5 –Kinderbereich: die Temperatur im Komfortbereich und unter der Decke sowie die Drehzahl der Ventilatoren

Abbildung 5 Die blauen Kurven zeigen die Temperaturen am Boden und unter der Decke. Die orangefarbene Kurve zeigt die Drehzahl (Umdrehungen/min, negative Werte bedeutet Reversbetrieb) des HVLS-Ventilators. In der Mitte des Diagramms ist ein Zeitraum von einer Woche zu sehen, in dem die Ventilatoren ausgeschaltet waren (orangefarbene Kurve bei U/min=0), während die Temperaturdifferenz zwischen Boden und Decke größere Schwankungen aufweist (die blauen Temperaturkurven).

Dies zeigt deutlich, dass die Temperatur im Raum gleichmäßiger wird, wenn die Ventilatoren eingeschaltet sind.

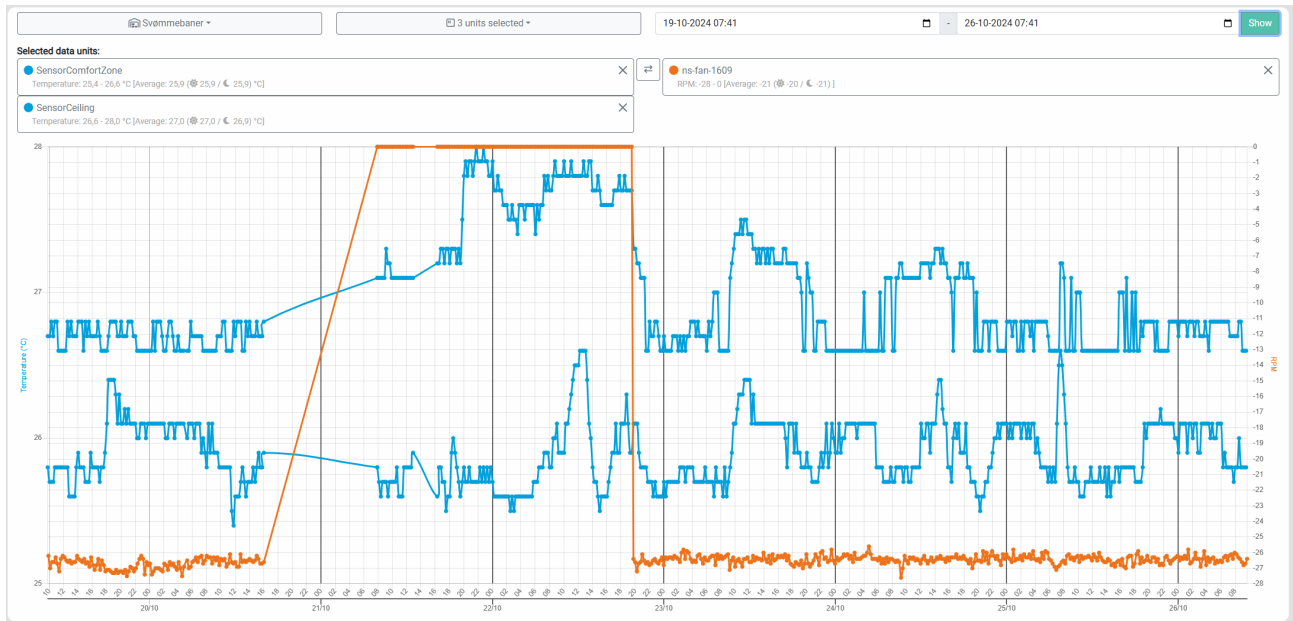


Abbildung 6 - Schwimmbekken: die Temperatur im Komfortbereich und unter der Decke sowie die Drehzahl der Ventilatoren

Das gleiche Muster wie im Kinderbereich (Abbildung 5) wiederholt sich im Schwimmbekken (Abbildung 6).

Schlussfolgerung

Der Abschluss des Projekts im Gigantium Aalborg mit der Installation von HVLS-Ventilatoren und der Optimierung des Lüftungssystems zeigt die deutlichen Vorteile in Bezug auf die Energieeffizienz und des Raumklimas.

Während der Projektlaufzeit von August bis Dezember 2024 konnte nachgewiesen werden, dass die Leistung der Lüftungsanlage von 27 kW auf 16,5 kW, also um fast 39 %, deutlich reduziert werden konnte.

Diese Verringerung wurde durch eine Reihe von schrittweisen Anpassungen erreicht, einschließlich der Abwärtsanpassung der Frischluftzufuhr und der HVLS-Drehzahl sowie der Anpassung des Luftdrucks der Lüftungsanlage.

Die Ergebnisse stützen die Hypothese, dass die Feinabstimmung der verschiedenen Komponenten des Lüftungssystems zu erheblichen Energieeinsparungen führen kann, ohne den Komfort und die Luftqualität im Schwimmbad zu beeinträchtigen. Rückmeldungen von Nutzern, einschließlich Rettungsschwimmern und anderem Personal, haben bestätigt, dass das Raumklima erhalten und sogar verbessert wurde, was die positive Wirkung von HVLS-Systemen unterstreicht.

Die Zahlen in dem Bericht veranschaulichen die spürbare Verbesserung der Energieeffizienz und der Luftqualität, die eine gleichmäßigere Temperaturverteilung und eine Verringerung des Energieverbrauchs zeigt.

Der Erfolg des Projekts zeigt, dass es tatsächlich möglich ist, die Energieeffizienz bestehender Schwimmbäder zu verbessern und gleichzeitig ein gutes Raumklima zu erhalten und die Betriebskosten zu minimieren. Es wird daher empfohlen, diese Art von Hybridsystem, bestehend aus bestehenden HVAC-Systemen in Kombination mit HVLS-Ventilatoren, in die Bemühungen, um einen nachhaltigeren Gebäudebetrieb und eine höhere Wirtschaftlichkeit in großen Anlagen einzubeziehen.

Wirtschaftliche Schlussfolgerung

Die Energieoptimierung im Projekt Gigantium entspricht einer jährlichen Energieeinsparung von 91.980 kWh, was bei Beibehaltung der derzeitigen Regelung auf der Grundlage eines Strompreises von 0,27 €/kWh zu einer finanziellen Einsparung von 24.834 € führt. Bei einer Anfangsinvestition von 47.000 € ergibt sich daraus eine Amortisationszeit von etwa 1,9 Jahren.

Bei dieser Berechnung wurden **zusätzliche Einsparungen beim Wärmeverbrauch durch die reduzierte Frischluftzufuhr** noch nicht berücksichtigt! Der finanzielle Gewinn wird deswegen noch höher ausfallen. Dies unterstreicht, dass das Projekt wirtschaftlich attraktiv ist und kurz- bis mittelfristig zu erheblichen Einsparungen beiträgt.

Darüber hinaus führt die Energieeinsparung zu einer CO₂-Einsparung von 9.565 kg CO₂ pro Jahr (<https://energinet.dk/data-om-energi/co2-pr-kwh-el-kommune/>)

Anhang

Logbuch Gigantium

Logbuch: Optimierung Lüftungssteuerung und Energieverbrauch in Gigantium Schwimmbad

Datum: 30-09-2024

- **Ereignis:** Meeting am 30.9.2024
- **Aktuelle Einstellungen im Gigantium:**
 - Mindestfrischluft: 60%.
 - Konstanter Luftdruck: 45-55 Pa
 - Rezirkulation: 2 Stück 5 Meter laufen tagsüber zu 50%, 1 Stück 3 Meter laufen tagsüber zu 50%.
- **Beobachtete Probleme:**
 - Geringe Luftfeuchtigkeit im Schwimmbad, die die Verdunstung und den Wärmeverlust erhöht.
 - Ein konstant hoher Luftstrom führt zu einem höheren Energieverbrauch als nötig.
- **Empfohlene Änderungen nach dem Meeting:**
 - Reduzierung der Mindestfrischluft auf 50 %.
 - Verringerung des konstanten Luftstroms um 10%
 - Einstellung aller Ventilatoren auf 70% Umluft
 - Energieverbrauch: 27 kW
- **Wichtige Hinweise:**
 - Es ist wichtig, den Unterdruck im Schwimmbad während der Regulierung aufrechtzuerhalten.

Aufgaben:

- Ole erstellt ein Logbuch
- Mathias wird am Montag, den 14. Oktober um 08:00 Uhr und danach alle 14 Tage ein Meeting einberufen.
- Gigantium wird das Lüftungssystem entsprechend den Ergebnissen der Meetings mit Nordicco regeln und relevante Daten sammeln.

- Gigantium befragt die Kunden nach Ihrem Empfinden hinsichtlich des Raumklimas und stellt die Rückmeldungen zusammen.

Datum: 14-10-2024

- **Aktualisierung:**
 - Ziel ist es, die Frischluft auf 15 % zu reduzieren und den Luftstrom zu steuern, um den Energieverbrauch zu senken.
 - Energieverbrauch: 24 kW
- **Fragen zur Tagesordnung:**
 - Sollte das Klima in Innenräumen bei künftigen Sitzungen vorrangig behandelt werden?

Datum: 28-10-2024

- **Aktualisierung**
 - Energieverbrauch: 21,5 kW
 - Druck min 32 Pa
 - Druck max 42 Pa
 - Frischluft min 45 %
 - Bisher 20 % Ersparnis.

Datum: 11-11-2024

- **Aktualisierung**
 - Energieverbrauch: KW- 21
 - Druck min 30 Pa
 - Druck max. 40 Pa
 - Frischluft min 40%
- Keine Beschwerden in Gigantium. Die Rettungsschwimmer sind zufrieden.
- Der Strom ist ausgefallen. Deshalb sind sie Ventilatoren abgeschaltet worden. Der Rettungsschwimmer hat ein feuchtes Kabel benutzt.

Datum: 25-11-2024

- **Aktualisierung**
 - Energieverbrauch: KW 19,9

- HVLS auf 60 Prozent reduziert
- Ole aktiviert die Kalenderfunktion so dass die Ventilatoren auch nach einem Stromausfall wieder selbständig anlaufen.
 - Druck min 30 Pa _ Unverändert
 - Druck max 40 Pa _ Unverändert
 - Frischluft min 40% _ Unverändert
- Alle sind glücklich.
- Der Strom ist ausgefallen. Deshalb sind sie abgeschaltet worden.
- Sie sehen sich die Steuerung des Schwimmbads von Gigantium an. Und sehen, wie die Luftfeuchtigkeit kontrolliert wird. Denn die Luftfeuchtigkeit ist sehr schwankend.

Datum: 09-12-2024

- **Aktualisierung**
 - Energieverbrauch: KW 19
- HVLS auf 60 Prozent reduziert
 - Druck min 30 Pa _ Unverändert
 - Druck max 40 Pa _ Unverändert
 - Frischluft min 40% _ Unverändert
- Alle sind glücklich.
- Sie sehen sich näher die Regelung des Gigantium-Schwimmbads an um eine Regelung der Luftfeuchte zu implementieren. Diese schwankt sehr und wird noch nicht einzeln geregelt
- Das Temperaturgefälle in der Cafeteria, in dem ein UVC-Ventilator installiert ist, beträgt 1,2C°. Bei der Größe des Raumes ist das ein guter Wert.
- Die Gäste hinterfragten die Gefährlichkeit des UV-Lichtes. Gigantium sah darin kein Problem da die Strahlung gemessen wurde.

Datum: 10-12-2024

- **Aktualisierung**
 - Energieverbrauch: KW 16,5

Lüftungssysteme - Energiediagramme

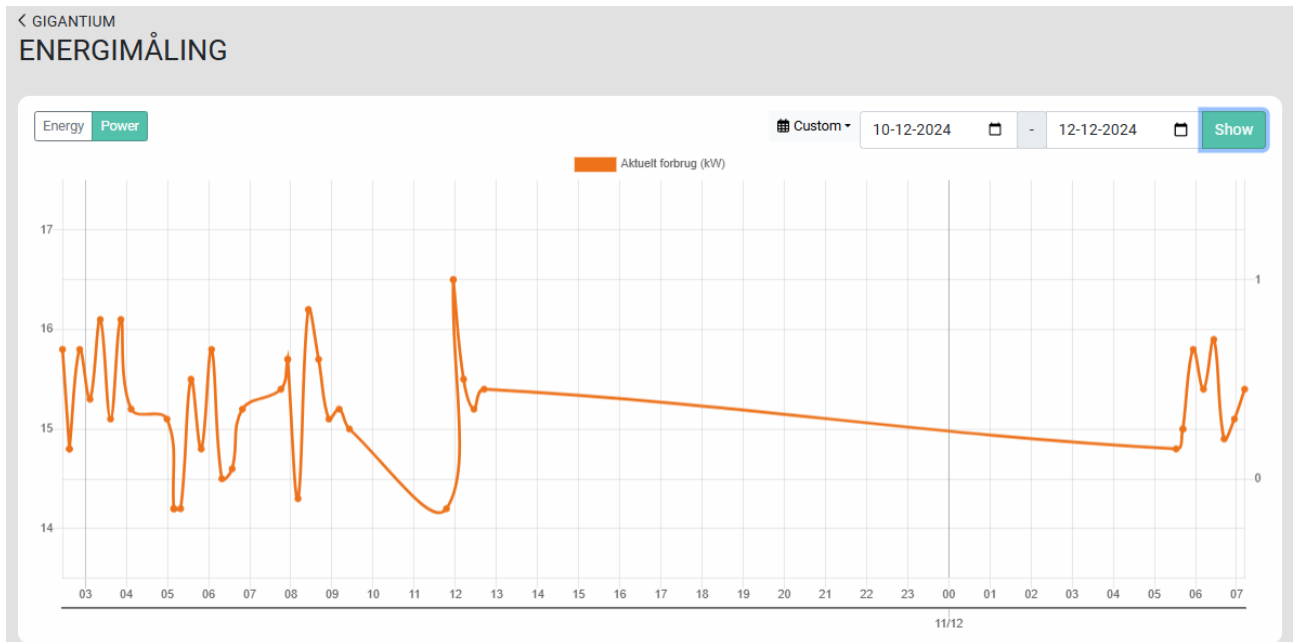


Abbildung 7- Stromverbrauch am 10.12.2024 (KW)

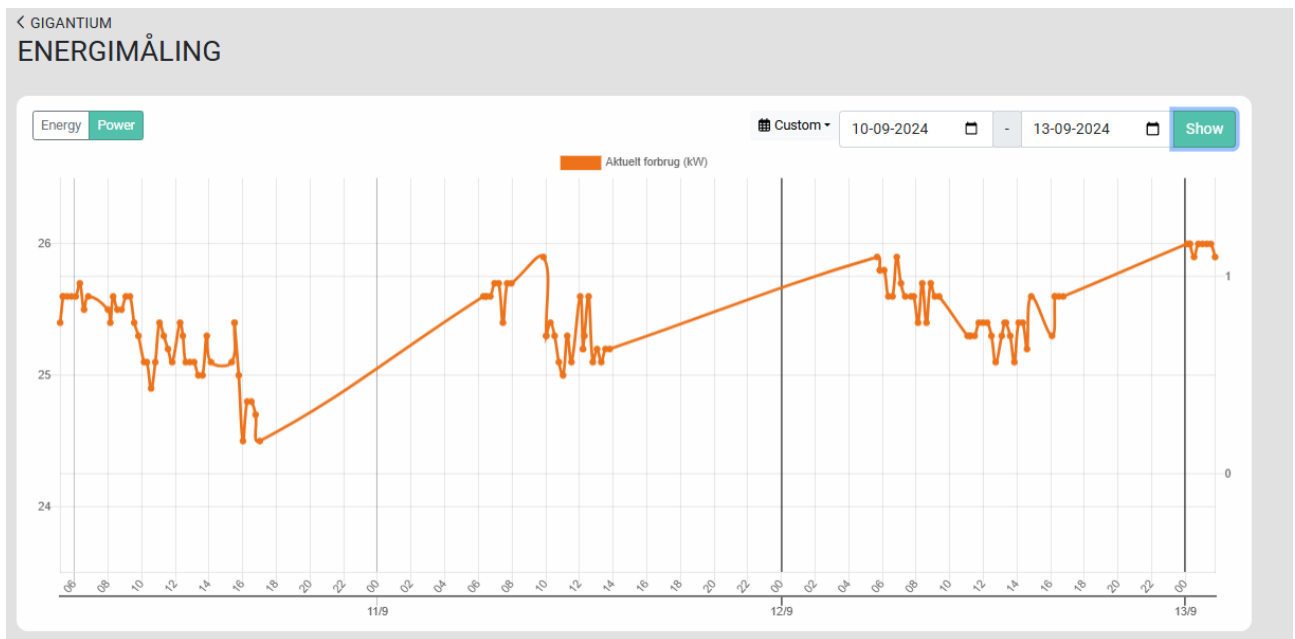


Abbildung 8 - Stromverbrauch am 12.9.2024 (KW)

Luftfeuchtigkeit

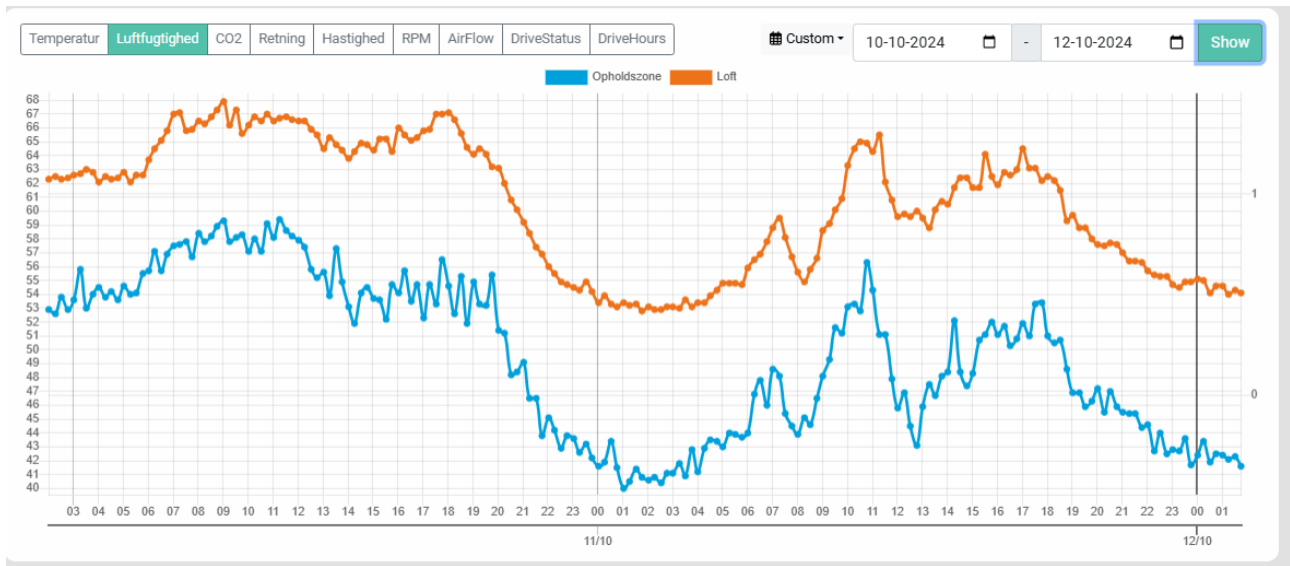


Abbildung 9- Luftfeuchtigkeit über Nacht, 10/10-12/10