

Grøn sukker: Optimal Damptrin i Krystallisering sapparater med ML





Kunden: Nordic Sugar

**neuro
space**



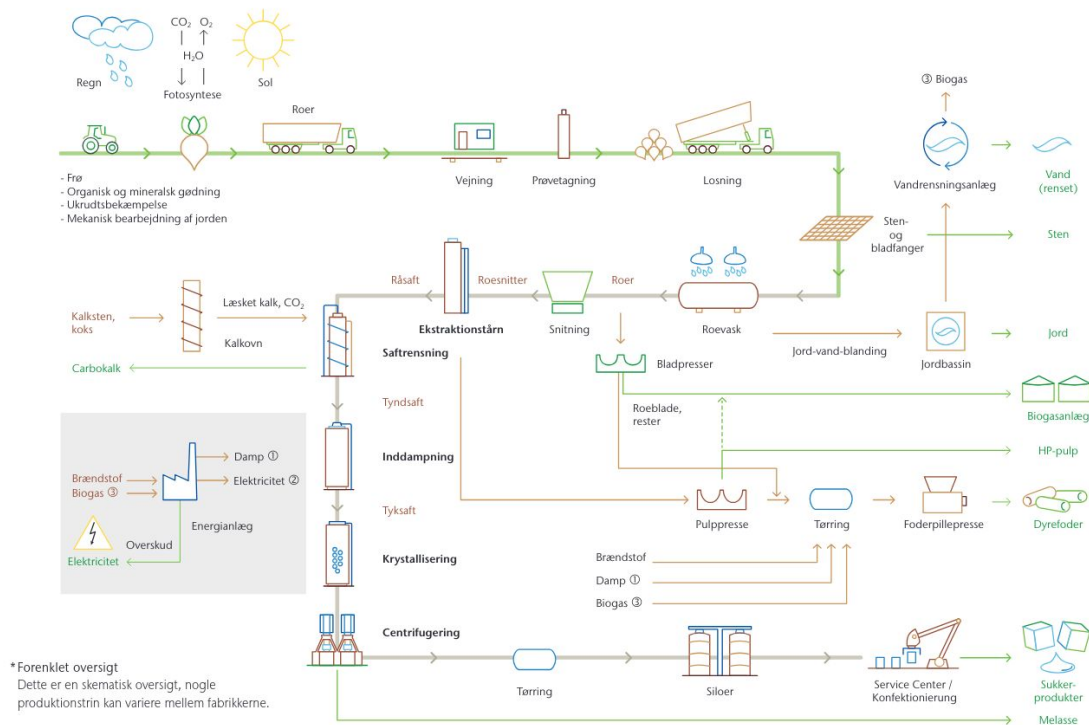
neuro
space

Fakta: Fra roe til kunde

- Producere ca. 2.5 mio tons sukker om året
- 18 produktions/raffinaderianlæg i Europa
- 80% sælges til fødevareindustrien, 20% sælges til detail
- Fremstiller 250 forskellige sukker produkter
- Har fra 1990 - 2020 reduceret energiforbrug med 45% og CO2-udslip med 60%

Fakta: Fra jord til bord

Sukkerproduktion – trin for trin *



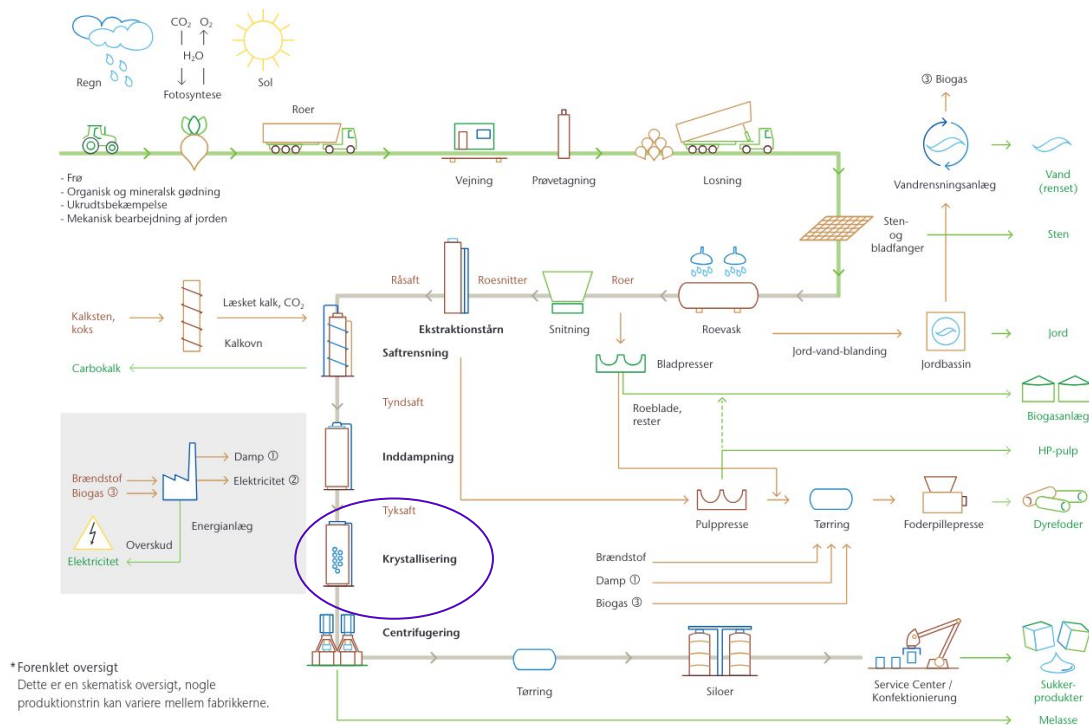
* Forenklet oversigt
Dette er en skematisk oversigt, nogle
produktionstrin kan variere mellem fabrikkerne.

Kilde: Nordzucker (2020)

neuro
space

Fakta: Fra jord til bord

Sukkerproduktion – trin for trin *



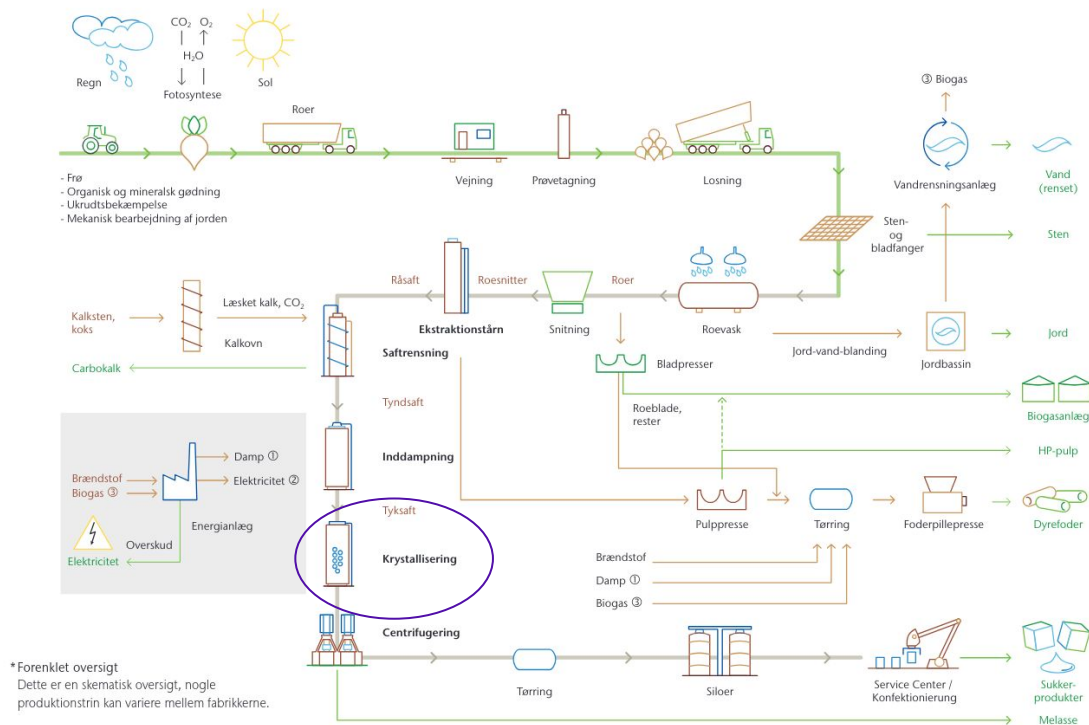
* Forenklet oversigt
Dette er en skematisk oversigt, nogle
produktionstrin kan variere mellem fabrikkerne.

Kilde: Nordzucker (2020)

neuro
space

Fakta: Fra jord til bord

Sukkerproduktion – trin for trin *



* Forenklet oversigt
Dette er en skematisk oversigt, nogle
produktionstrin kan variere mellem fabrikkerne.

Vigtigt at optimeringen
stadig passer ind i
produktionens **takt-tid**

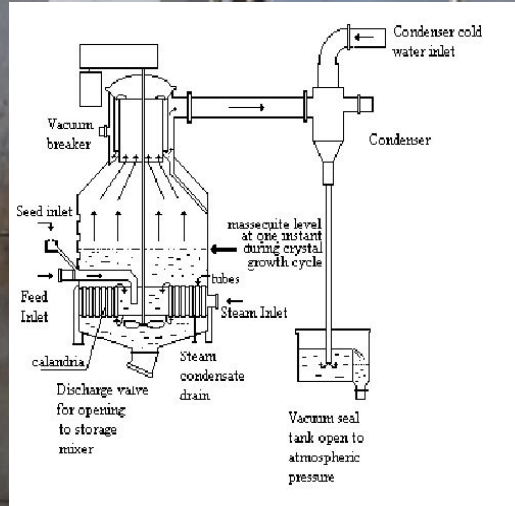
Kilde: Nordzucker (2020)

neuro
space

Krystaliseringsapparat



Krystaliseringsapperat





Damp bruges i krystalliseringsapparaterne til at krystallisere sukker

Damptrykket kommer i forskellige steps (0-6) det koster 20% af energien for hvert trin

Step 4: 110°C ved 1.45 bar

Step 5: 102°C ved 1.10 bar

**neuro
space**



Udfordringen!

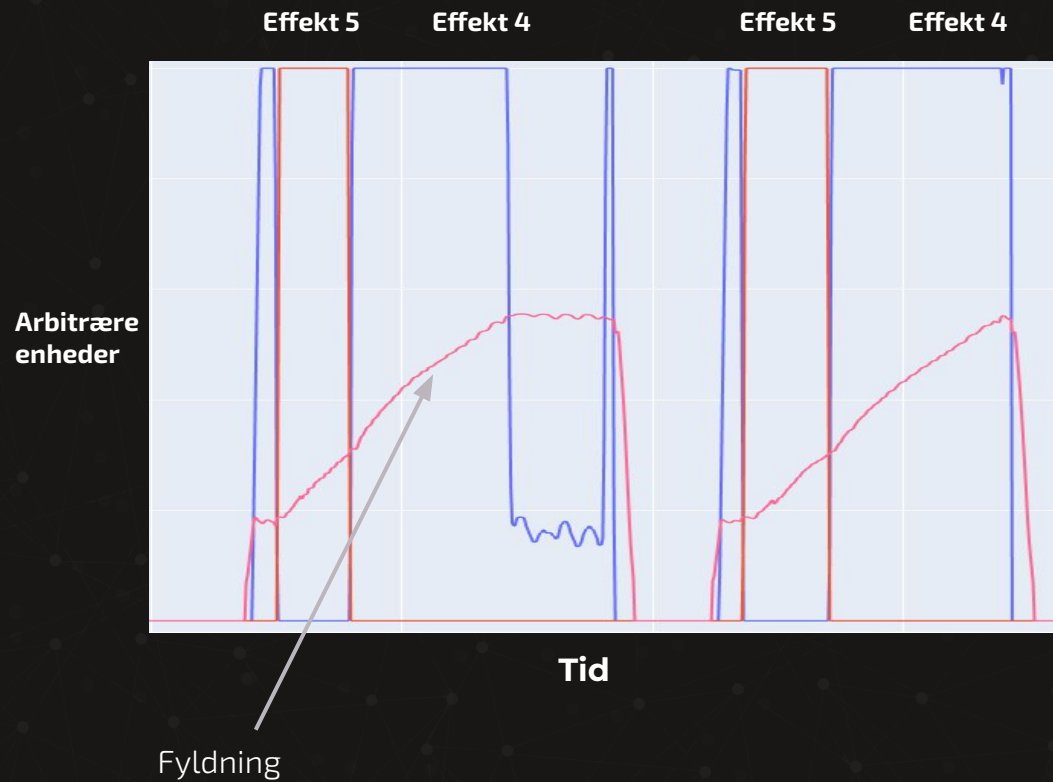
**neuro
space**

**I dag bliver damptrinene styret af
operatører**

**neuro
space**

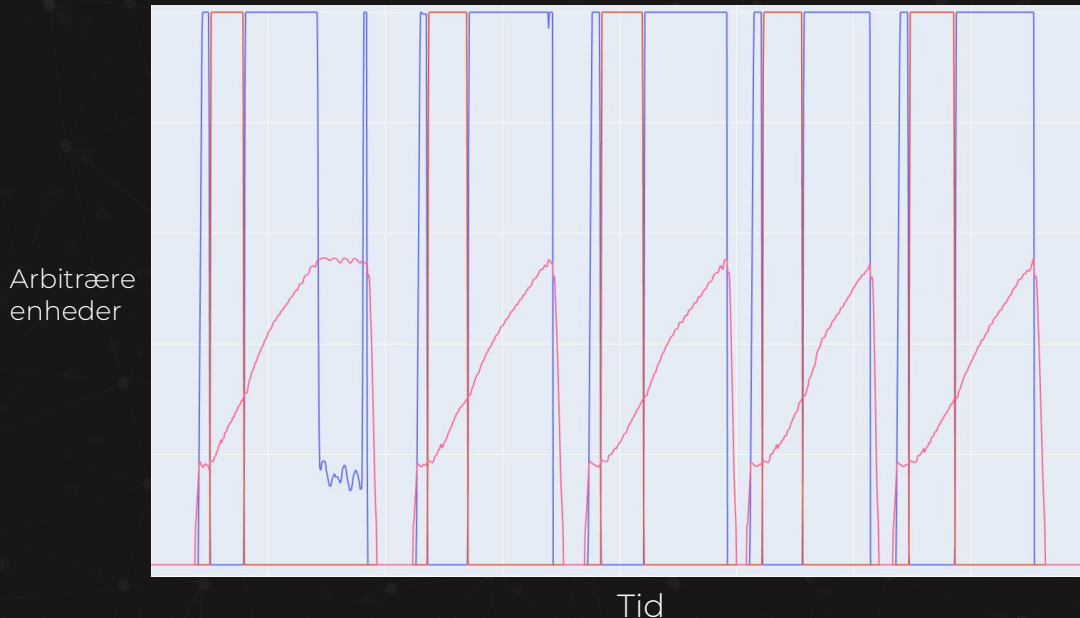
**Da krystalliserings processen ikke må
blive en flaskehals, vælger de ofte at
bruge Damptrin 4 mere end strengt
nødvendigt**

Historisk data, er derfor **biased**, med en
potentiel **negativ** biaseffekt



Bias i data

- Biased af at de skifter nogenlunde samme tid, men under forskellige forhold
- Operatørerne har forskellig erfaring med, hvornår fyldningen sker
- “Better safe than sorry”-strategi





Ønkset

neuro
space

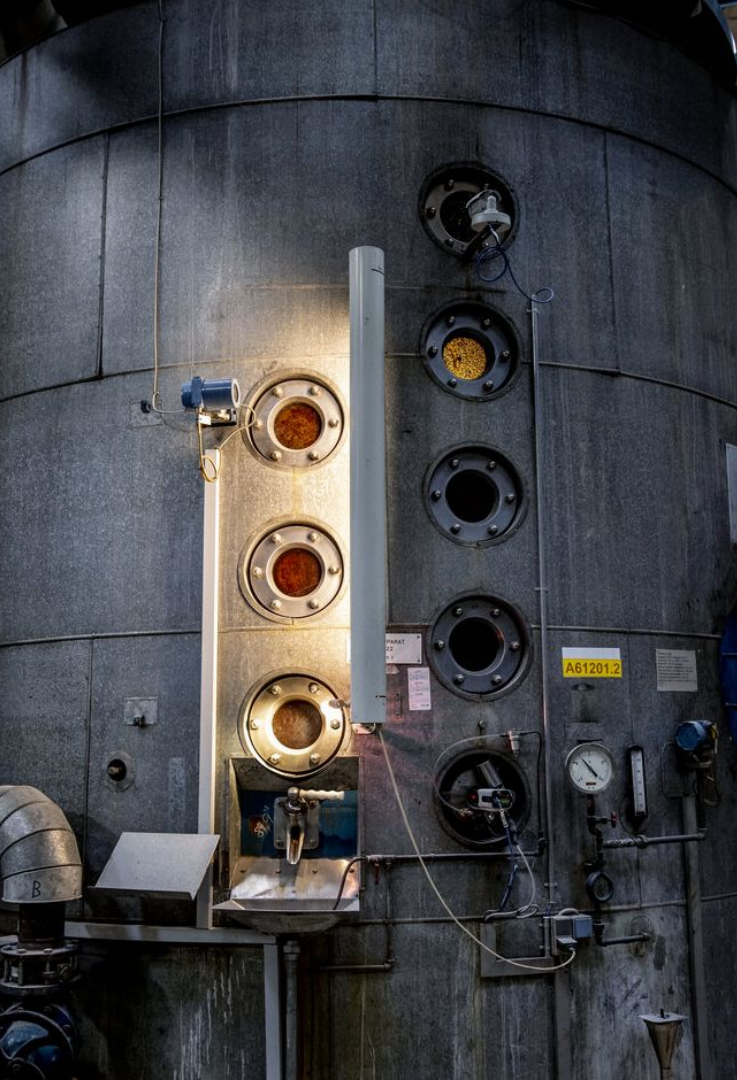
User Story

Project OWLS

“Optimal **V**acuum **V**apour **L**evel **S**etpoint”

“As operators at Nordic Sugar A/S Naskov, based on the processing time, we want to predict 15 minutes into the future, based on trends in pressure and vacuum. This would allow us to predict the switch between Step 5 and 4 based on filling level of the pan.”





Løsningen

**neuro
space**

**Historisk data:
~1.800 kog over 4 kampagner**

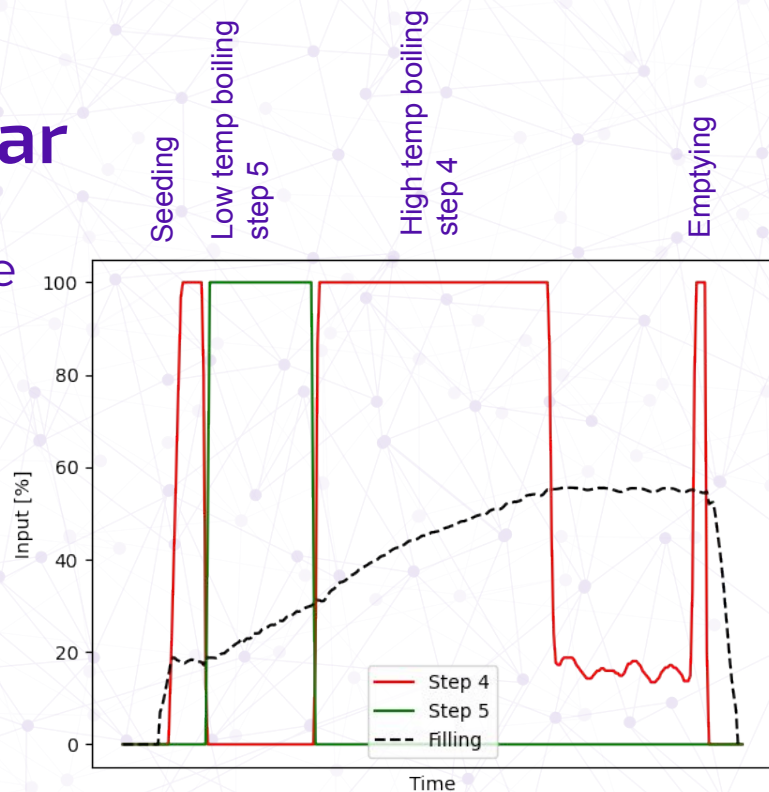
Data analysis at Nordic Sugar

Meget **erfarne** i at anvende og håndtere data

Datakvalitet er meget **høj**

Tydelige tegn på **bias** i det historiske data

Ti **features** blev anvendt til endelig model

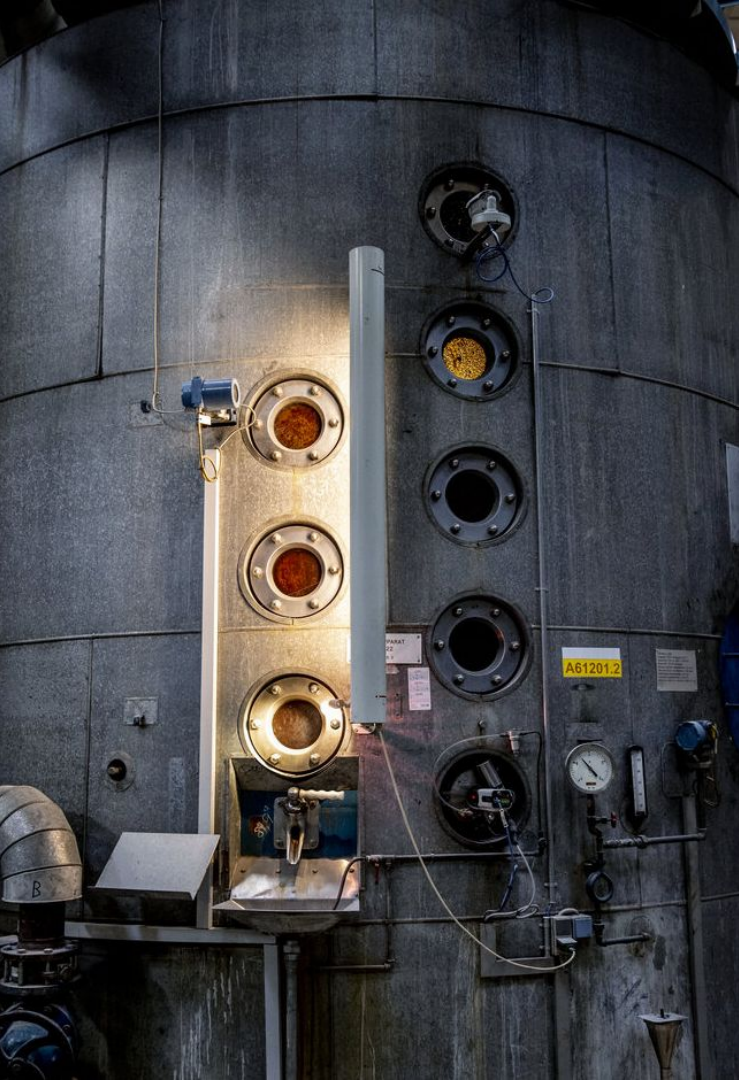


neuro
space

**Vi normaliserte batch cycle time, og
gjorde den til en konstant**

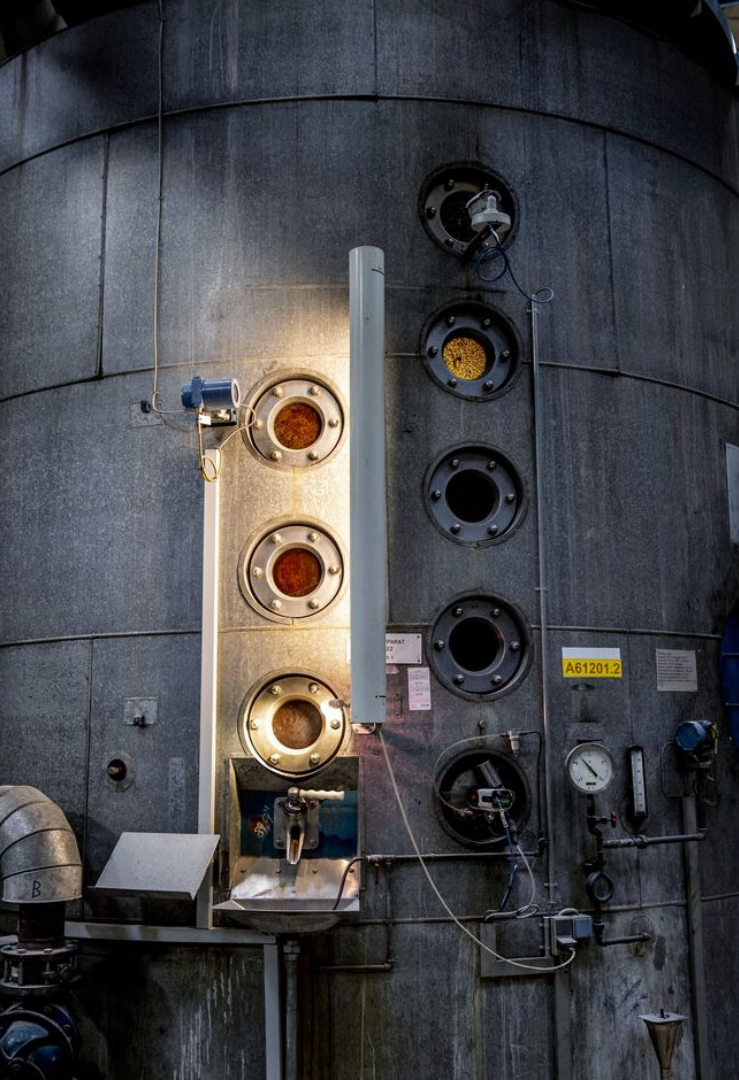
**Problemet hed:
Anvend så meget lav-energi (level 5)
damptrin som muligt, indenfor det
konstante tidsinterval**

Dette gør vi ved at isolere den sande effect af “treatment” (damptrin 5) på “Outcome” (fyldningsniveau), ved at tage confounding variabler i betragtning



Anvender “double machine learning”

**neuro
space**



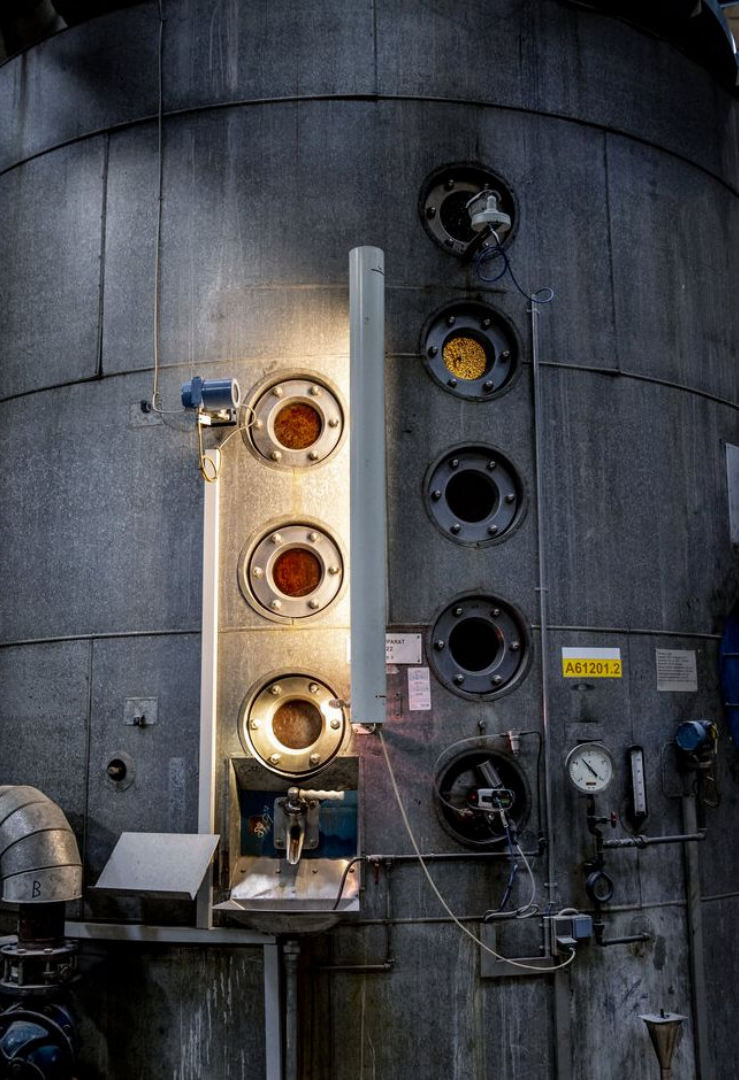
Step 1: Identifier Confounders og Treatment/Outcome Variable

Confounding variabler såsom: Tryk, temperatur

Treatment Variable: Tiden med Damptrin 5

Outcome Variable: Fyldningsniveauet på et bestemt tidspunkt

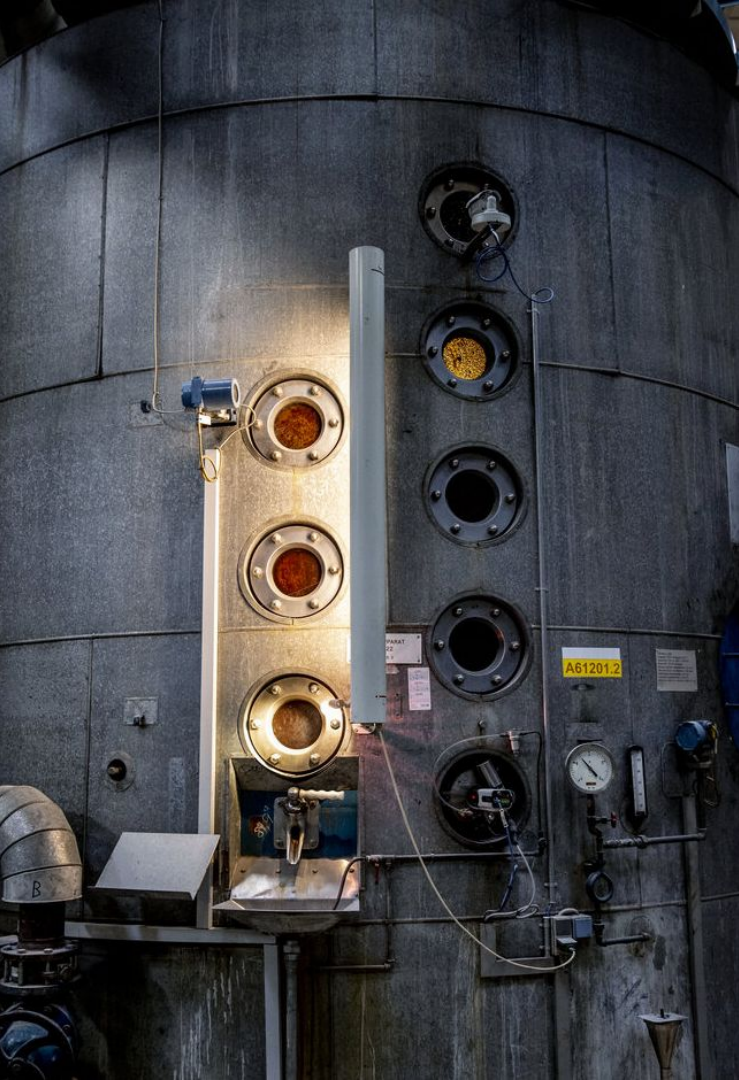
neuro
space



Step 2: Skabe debiased og denoised modeller

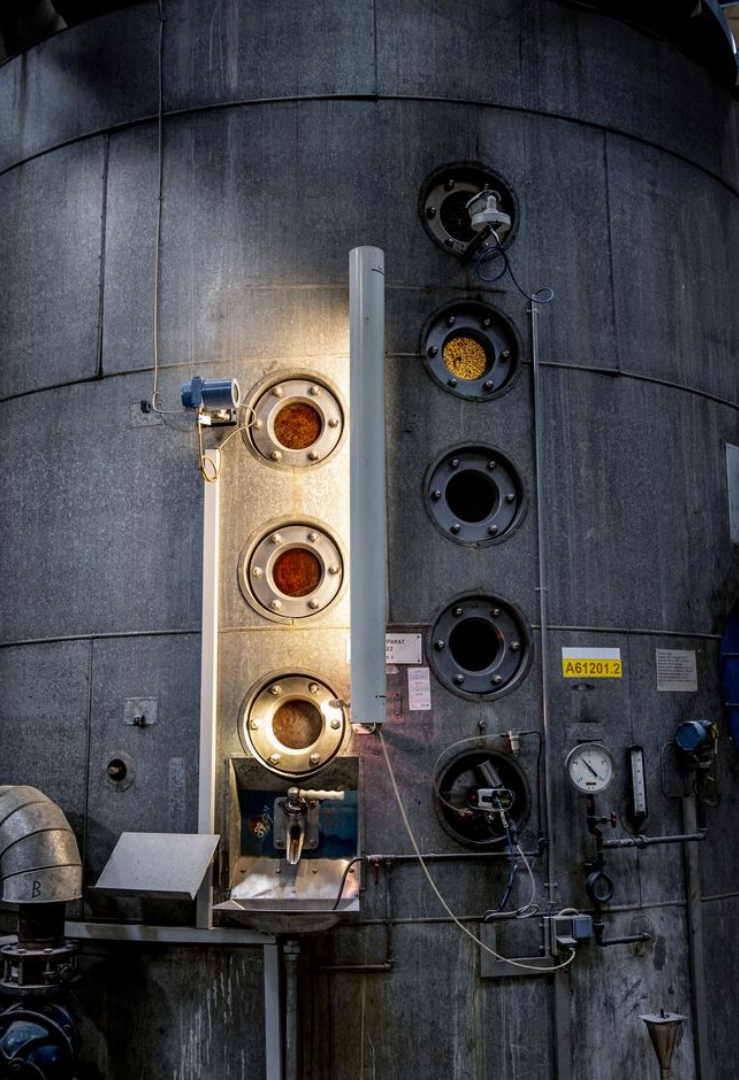
To LightGBM modeller er udarbejdet til
estimere **effekten af confounding
variable** på både **Treatment** og
Outcome

neuro
space



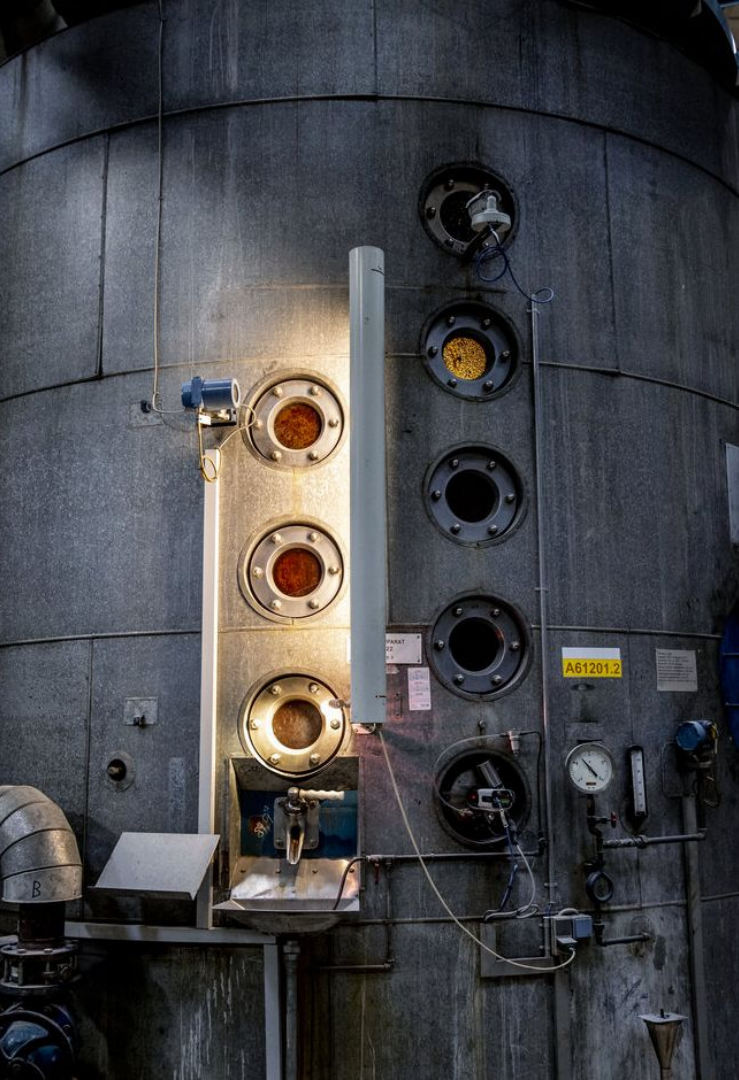
Step 2: Skabe debiased og denoised modeller

Debiasing Model (Mt): hvor meget af den observerede treatment skyldes indflydelsen af confounders



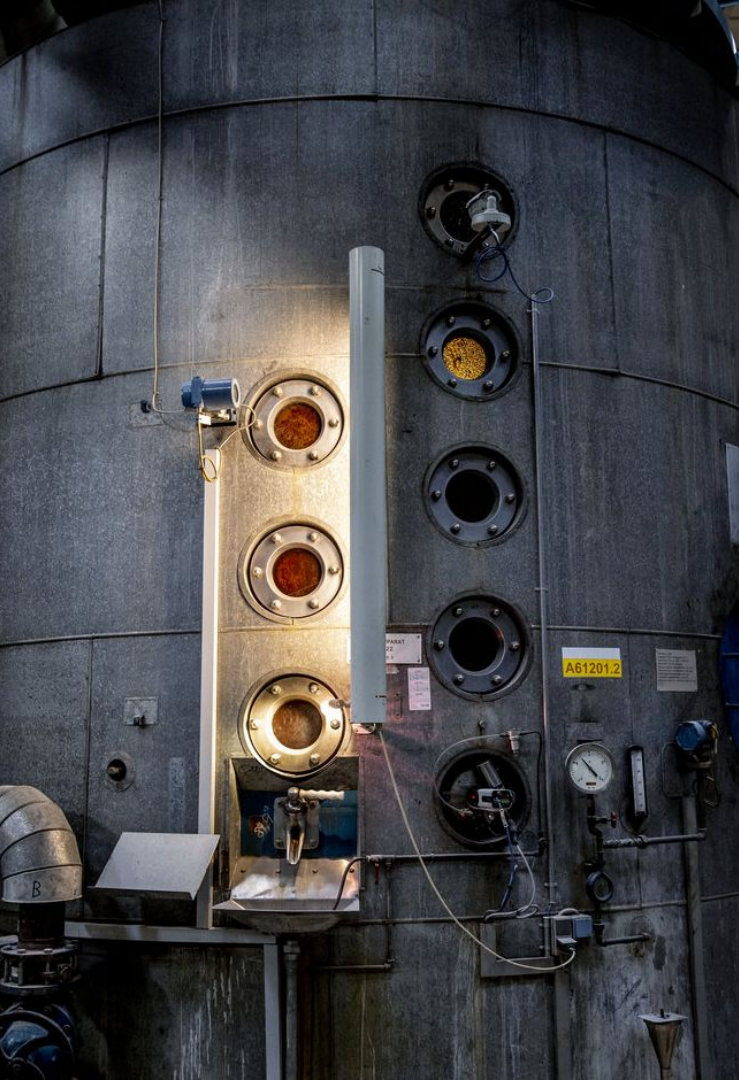
Step 2: Skabe debiased og denoised modeller

Denoised Model (My): forudsiger hvor meget af outcome (y) formegentlig skyldes indflydelsen af confounders



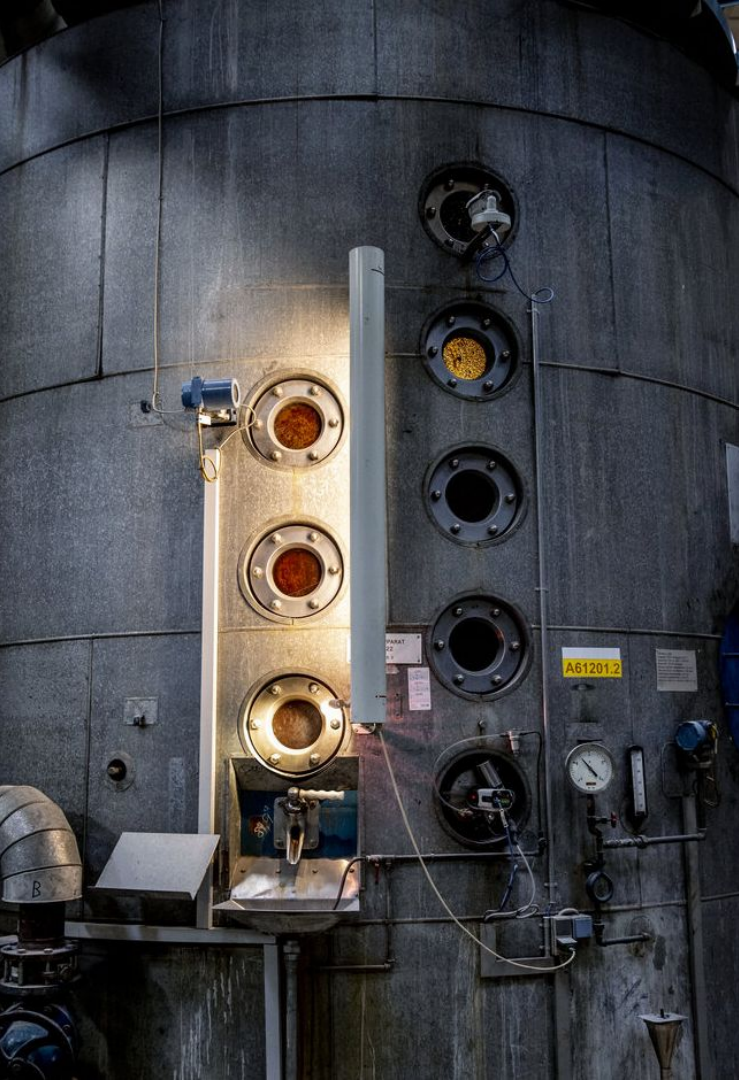
Step 3: Beregne debiased og denoised variable

Ved at anvende output fra de to tidligere modeller (residuals) beregner vi hvor meget af den beregnede treatment og outcome, som **ikke** skyldes confounders



Step 4: Forudsige debiased Outcome

Endelig LightGBM (M_{final}) forudsiger debiased target, ved brug af denoised treatment og confounding variable



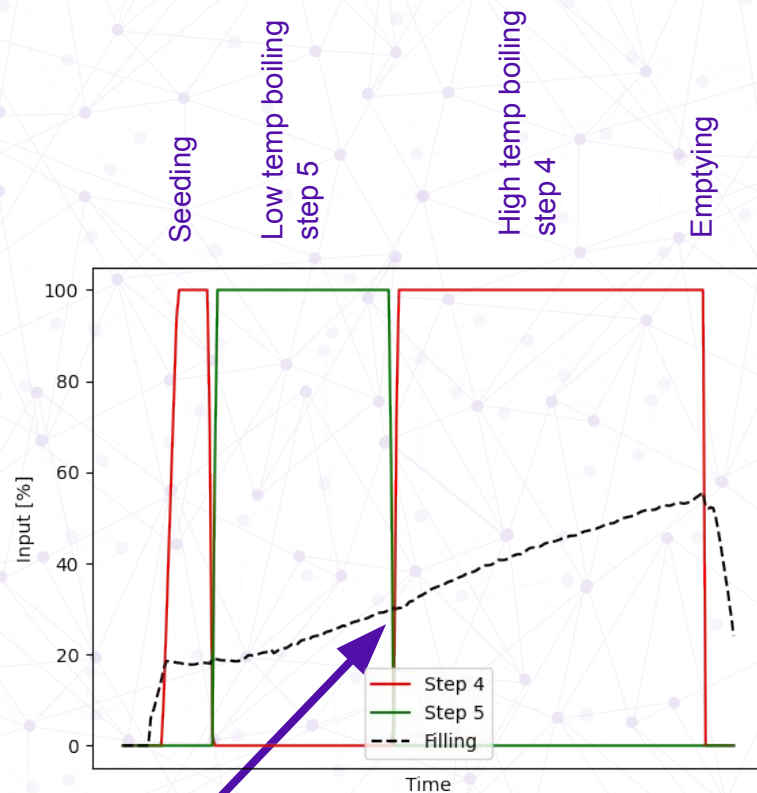
Anvender “double machine learning”

Vi har anvendt cross-prediction or out-of-fold residuals til at forebygge overfitting

**neuro
space**

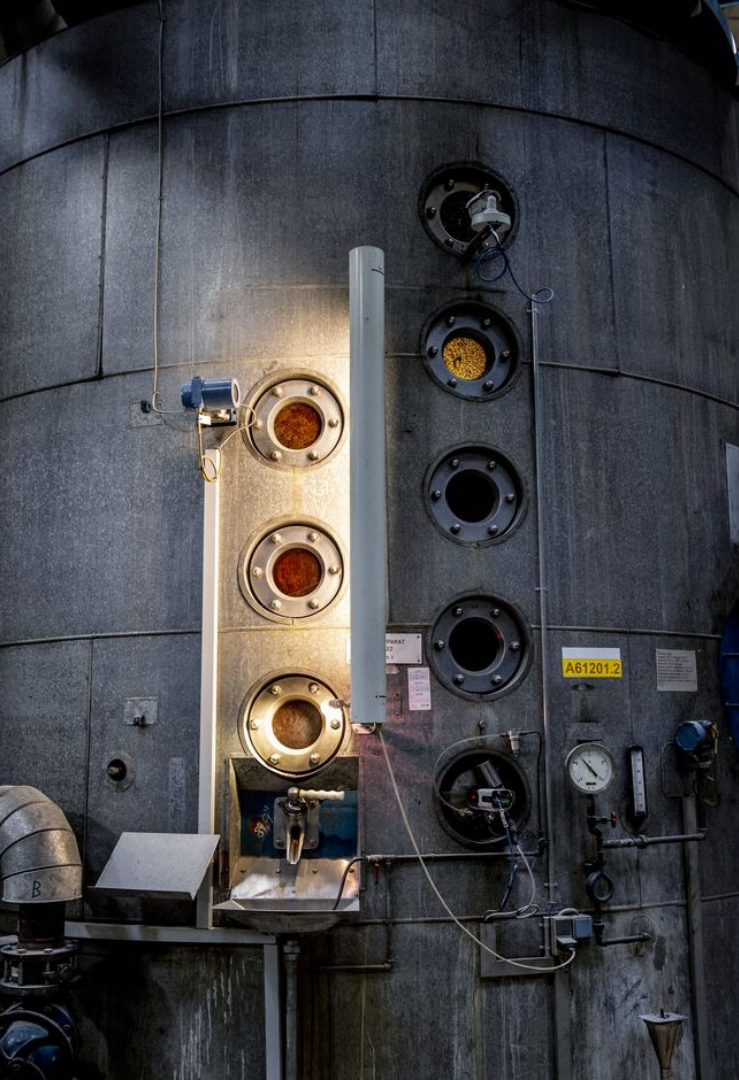
Løsningen

OWLS kan simulere effekten af step 5 og forudsige hvornår der er behov for skiftet fra step 5 til 4, baseret på fyldningsniveauet af krystalliseringsapparatet



OWLS forudsigelse

**neuro
space**



Modellens forudsigelse

Modellen kommer med 3 outputs:

- 1) Konservativ
- 2) Moderat
- 3) Aggressiv

Løsningen i produktion

**neuro
space**

**Indledende test viste, at Nordic Sugar
kan optimere anvendelsen af Trin 5
med 39.8% af kogetiden.**

**neuro
space**

**Dette tilsvarer op mod 10 tons CO2
besparet pr kampagne pr
krystalliseringsapparat**

**neuro
space**

**Nordic Sugar Naksov har 26
krystalliseringsapparater af
forskellige størrelser**

**neuro
space**

Nordzucker har xx krystalliseringsapparater



Samarbejde er altafgørende

AI-Eksperter

Domæneeksperter

Hvad er muligt
med AI?

Hvad skaber
værdi for
Nordic Sugar?

neuro
space

 **Nordic Sugar**
Member of Nordzucker Group

Det er her
Project OWLS
sker!

neuro
space

Resultater

34 dage

Testet på to krystalliseringsapparater

39,8 % Optimering

Mere anvendelse af Trin 5

266% mere aktivitet

Operatørerne øgede antallet af ændringer af set-punktet from 30 til 80 gange under testperioden, sammenlignet med tidligere kampagners aktivitet

3000+ liter af diesel

Estimeret reduceret på hvert krystalliseringsapparat pr kampagne

**neuro
space**

What did we learn?

This is just the beginning of data driven optimization

Ingen **business case**, intet **projekt**

Team sammensætning er altafgørende for en succesfuld implementering

Det er altafgørende at **operatørene** er involveret i hele udviklingsforløbet for at skabe tillid

Alt data er biased, men vi kan kontrollere om den givne biaseffekt er positiv eller negativ

Projektet varede **3 måneder** og var **indenfor budget** med stor **return on investment**

**neuro
space**

Let's connect
on LinkedIn



neuro
space