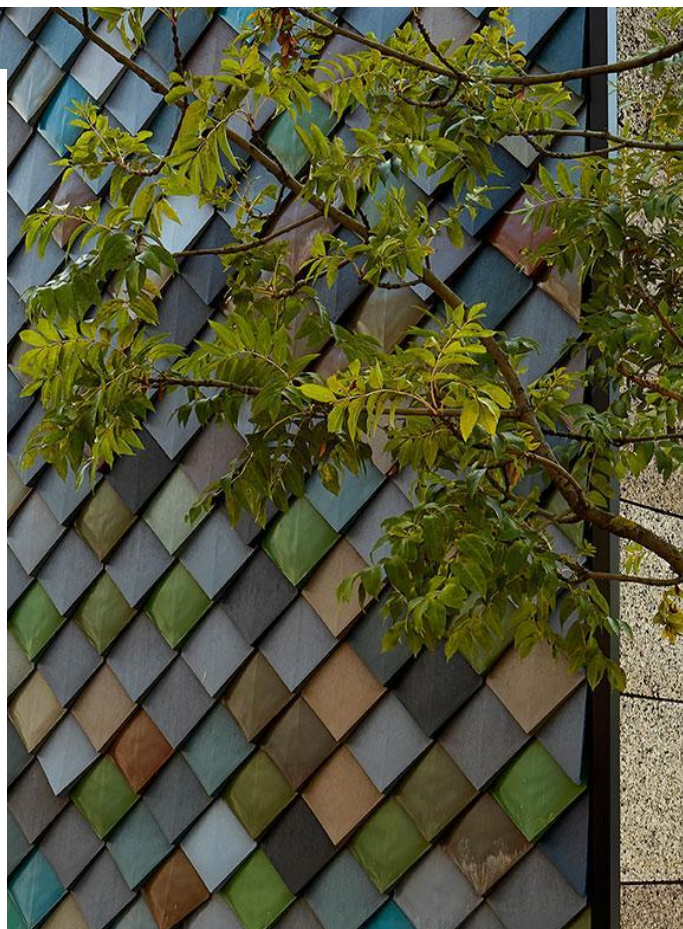


---

**SLUTRAPPORT**  
**MUDP forprosjekt**  
**[08/2021 - 03/2022]**

# **Cirkulære hårde hvidevarer med sensorer og data analyse**



---

09. AUGUST 2022

---

Af Rasmus Jørgensen, FIXRS ApS

---

# Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram, MUDP, som er et program under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

## **MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen**

Tolderlundsvej 5, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

**Mail:** [ecoinnovation@mst.dk](mailto:ecoinnovation@mst.dk)

**Web:** [www.ecoinnovation.dk](http://www.ecoinnovation.dk)

*Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.*

---

## SLUTRAPPORT

### Cirkulære hårde hvidevarer med sensorer og dataanalyse

#### FAKTA OM PROJEKTET

---

Projektperiode: 2021.08.01 - 2022.03.31

Projektdeltagere: Kristoffer Hvidesteen; Simple very simple, Joachim Kristensen; Workonomics, Rasmus Jørgensen; FIXRS

Bevilling fra MUDP: 515.067

Projektleder: Rasmus Jørgensen

#### FORMÅL

---

Projektet har til formål at forlænge levetiden på hårde hvidevarer og reducere strøm- og vandforbrug i brugsfasen ved brug af data analyse af IoT sensordata fra hvidevarer. Der sælges og skrottes ca. 1 million hårde hvidevarer årligt. Mange kunne leve længere og bruge mindre strøm og vand, hvis de blev vedligeholdt, repareret og software løbende opdateret. Længere levetid vil betyde at det virgine ressourceforbrug til produktion af hvidevarer reduceres.

#### PROJEKTETS RELEVANS

---

Hver dansker producerer 845 kg affald pr år, og med vores forbrug skal vi bruge 4.3 jordkloder for at holde balance i regnskabet. Mængden af affald påvirkes bl.a. af elektroniskrot, og i Danmark sælges og skrottes ca. 1 million hårde hvidevarer årligt og der er en bestand på omtrent 10 mio. hvidevarer i danske husholdninger. Mange hvidevarer kunne leve længere og bruge mindre strøm og vand, hvis de blev vedligeholdt, repareret og software opdateret samt tilpasset maskinernes faktiske brug. Det vil betyde at der vil bruges færre virgine ressourcer til produktion af hvidevarer ligesom der vil være en reduktion i brug af ressourcer til fx energi og vand i brugsfasen. Det vil også medføre mindre forurening i form af CO<sub>2</sub>e udledning i forbindelse med en mindre produktion af hvidevarer samt en mere energieffektiv brugsfase.

#### HOVEDRESULTATER

---

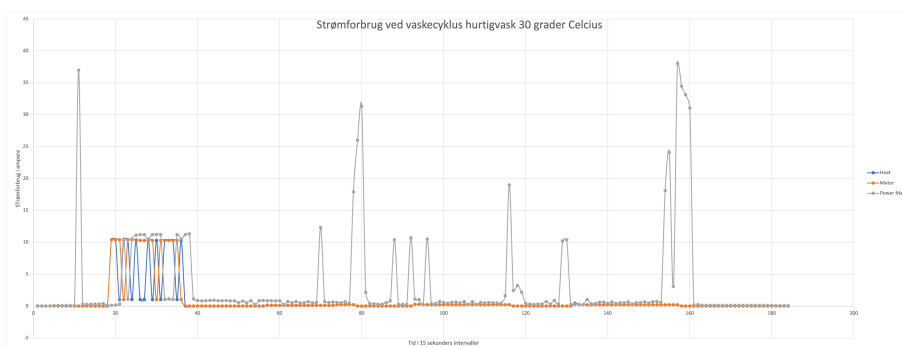
Vi har haft success med at installere sensorer på de væsentligste strømkritiske komponenter som, vandpumpe, varmelegeme og motor. Derigennem har vi kunne udtrække strømforbrug på disse kritiske komponenter. I projektet har vi opnået en række læringer omkring placering, montering og

tilgængelighed i eksisterende vaskemaskiner. Vi har brugt tid på at lede efter og fremskaffe de rette sensorer der kan monteres i en eksisterende maskine uden behovet for destruktive modifikationer. Vi har demonstreret at vi er i stand til at overvåge komponenter og sende data trådløst til en online cloudløsning gennem anvendelsen af standard systemdesign for trådløse IoT løsninger. Dette var et teknisk valg fra begyndelsen for at sikre at skiftet til en alternativ IoT netværksteknologi ville være så trivielt som muligt. Dette er lykkedes.



Billed 1: Sensor og hardware installation på en af vaskemaskinerne

Data har vi visualiseret til forbrugere som input til at udføre forebyggende vedligehold som fx afkalkning og rensning af pumpe. Det har været tydeligt at se strømforbrug i de forskellige faser af vaskecyklussen (Se nedenstående graf som eksempel). Dette er en stor succes for projektet, og den velfungerende prototype skal i et større projekt bane vej for en go-to-market løsning hvor sensorer skal retrofittes på renoverede maskiner og sælges kommercielt.



Billed 2: Vaskemaskine strømforbrug fordelt på varmelegeme, motor og strømforsyning

---

Vi har fået en række erfaringer på hvad præcis der skal til fra et teknisk perspektiv for at give værdi og hvad der kan skæres fra, samt en viden om mønstre for strømforbrug ser ud under forskellige vaskeprogrammer. Det interessante vil nu være at få stor skala på dataindsamlingen således at mønstre for vedligehold og reparationsbehov fremkommer.

## PROJEKTFORLØB OG ERFARINGER

---

Projektets overordnede formål var at forlænge levetiden på hårde hvidevarer gennem opsamling af data omkring behovet for vedligehold og reparation, med afledte effekter til reduceret strøm- og vandforbrug.

I projektet anvendte vi eksisterende vaskemaskiner, hvilke gav anledning til et større detektivarbejde for at rekonstruere den mekaniske og elektriske opbygning. Under dette arbejde fandt vi også at det, for en fremtidig løsning, ville være godt at alle sensorer kunne retrofittes direkte på eksisterende maskine uden behov for destruktive ændringer. Strøm-sensorerne der blev fremskaffet kunne monteres ved "klik omkring" på strømførende ledninger (Se nedenstående billed). Samlet kan denne del opsummeres til at det var udfordrende at finde og placere sensorerne til fjernkontakt til overvågning af strømforbrug, og at vores løsning p.t. er brugbar på maskiner vi selv har modificeret.



Billed 3: Strømsensor til montering omkring ledning uden destruktive ændringer.

Tænd-sluk kontrol på komponentniveau er det ikke lykkedes at kontrollere. Både fjernkontrol (opgradering af vaskeprogrammer og opdatering af software) og tænd-sluk kontrol kræver adgang til softwaren på styreenheden og denne er svært tilgængelig (på grund af proprietær software), og kræver flere ressourcer til omprogrammering end projektet havde tilgængeligt.

Data fra sensorerne i vaskemaskinerne blev via WiFi sendt til et online dashboard hvorfor de kunne fremvises. Opsætningen af dataflow har været overskueligt og er gjort på en måde således at hvis der findes et behov for at skifte til anden IoT netværksteknologi såsom LoRaWAN eller NB-IoT er dette trivielt. Dashboard er en standardløsning og ved en fremtidig kommercialisering af løsningen til husstandsforbrug vil der være behov for en egen udviklet løsning der kan hjælpe forbrugeren med at omsætte data til viden og guide denne i behovet for vedligehold og reparation.

---

Indeværende projekt har anskueliggjort behovet for at identificere en sensor løsning der kan installeres relativt billigt og som kan give indsigt i strømforbrug og funktionel tilstand på komponentniveau, fordi det forretningsmæssige potentiale er størst ved at rådgive om vedligehold og reparation. Desuden vil hvidevarer ressourceforbrug og levetid forbedres markant ved at øge vedligehold og sænke omkostninger på reparationer. Vi vurderer at softwareopdatering og tænd-sluk vil kræve store ressource til udvikling og samarbejde med producenter, derfor vil dette kræve et separat projekt som vi p.t. ikke prioriterer.

Sidst, så blev vaskemaskiner valgt i indeværende projekt da de er den mest komplicerede type af hvidevarer. Projektets læring og en fremtidig sensor løsning der er nem at installere vil kunne fungere på tørretumbler, opvaskemaskine, ovn, køleskab og fryser.

## KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

---

Vi har demonstreret at sensorer kan installeres på hvidevarer og dataanalyse kan bruges til at forudsige komponenters funktionelle tilstand, hvilket vil påvirke maskiners levetid hvis viden om pumpe og varmelegemes strømforbrug omsættes til forebyggende vedligehold. Fx stiger varmelegemets strømforbrug ved tilkalkning, manglende afkalkning vil lede til kortslutning, mens afkalkning reducerer strømforbrug og afværge kortslutning.

Vi har ansøgt om et nyt MUDP projekt hvor forprojektets erfaringer skal bruges til etablering af kommerciel storskala test i samarbejde med en eller flere virksomheder eller kunder. Vi mener at bedre brug af data fra maskiner til at udføre forebyggende vedligehold og fjerndiagnosticering, er afgørende for at forlænge hvidevarers levetid og reducere ressourceforbrug i brugsperioden. Vi mener at have et produkt der har international relevans indenfor prop-tech markedet. Med en storskala test vil vi ligeledes undersøge hvordan forbrugere kan nudges til at reagere på information fra maskinen, fordi deres aktive deltagelse er central for at høste effekten af dataanalysen og information på dashboard.

---

Læs mere om MUDP på [www.ecoinnovation.dk](http://www.ecoinnovation.dk)

