

SLUTRAPPORT

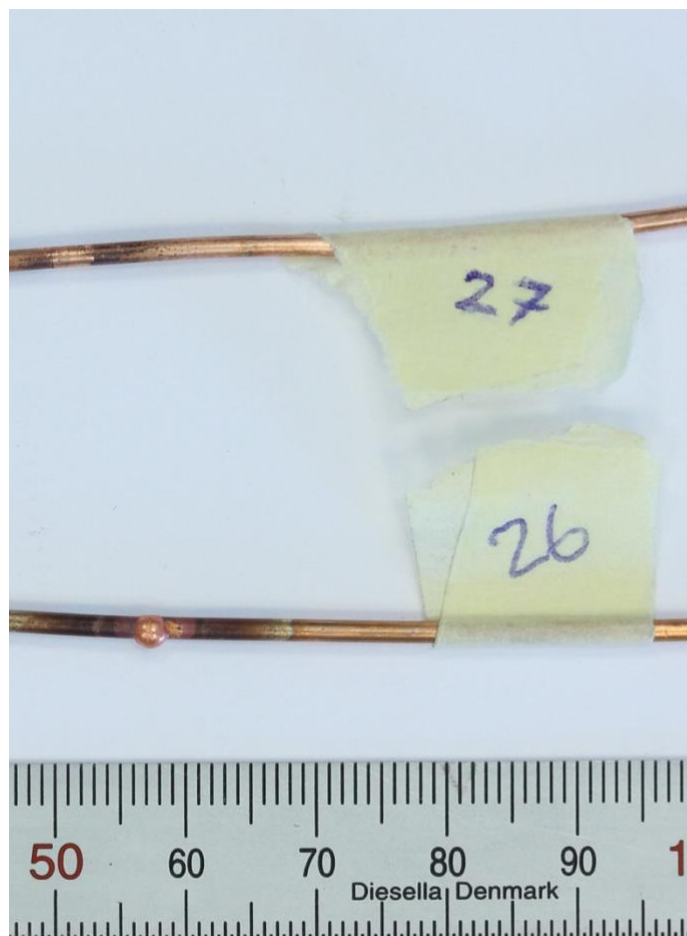
MUDP forprojekt

August 2021 – Juni 2022

Re-fabrikering af kabel

29. JUNI 2021

Af Kåre Hinz
EcoAdvice ApS



The logo for MUDP, featuring a stylized white leaf icon above the lowercase letters 'mudp' in a white, sans-serif font.

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

Web: 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

Re-fabrikering af kabler

FAKTA OM PROJEKTET

Projektperiode: August 2021 – Juni 2022

Projektdeltagere: EcoAdvice ApS med Teknologisk Institut som underleverandør

Bevilling fra MUDP: 468.377,71 kr.

Projektleder: Kåre Hinz

FORMÅL

Projektet har haft til formål at undersøge mulighederne for at udvikle en forbedret teknologi til genanvendelse af bygningsinstallationskabler. Vi har afklaret tekniske forhold ved en re-fabrikeringsteknologi for kobbertråd, identificeret udfordringer og mulige sorterings- og produktionsprocesser. Desuden har vi analyseret og evalueret forretningspotentialiet i projektidéen, hvilket har resulteret i en positiv business case, der underbygger vores ønske om at fortsætte udviklingsarbejdet.

PROJEKTETS RELEVANS

Udsigten for den etablerede kobberproduktion er, at den frem mod 2050 bliver nødsaget til at ty til kobbermalm af nedsat ressource kvalitet. Dette skyldtes at den igangværende elektrificering og udvikling af smart-grid har øget efterspørgslen på kobber. Den øgede efterspørgsel medfører en forventning om betydelige prisstigninger, samt et øget ressource- og energiforbrug forbundet med kobberproduktion. På trods af at kobber i forvejen undergår traditionel recycling i stor udstrækning, er det derfor vigtigt at den cirkulære økonomi også fokuserer på forbedret ressourcehåndtering og mere direkte genbrug af et materiale som kobber.

Teknologien har til formål at fastholde den indlejrede værdi (med reference til Ellen MacArthurs sommerfuglemodel og begrebet 'Power of the Inner Cycle') af kabler ved re-fabrikering, fremfor traditionel recycling. I vores research, har vi på verdensplan ikke kunne finde eksempler på kobbertråds- eller kabelproducenter der benytter en lignende teknologi. Nærmest sammenlignende produkt er en kobbertråd bestående af 100% recycled kobber. Dette produkt produceres dog i en traditionel proces, der kræver både smeltning og raffinering, som begge er energikrævende processer, hvorfor produktet ikke har samme teknologiske nyhedsværdi.

Desuden er det afgørende at genbrug og genanvendelse af byggeaffald styrkes generelt, hvis Danmark og EU skal lykkes med at skabe en cirkulær økonomi og dermed udnytte de markedsmuligheder som tankegangen og de økonomiske modeller rummer.

HOVEDRESULTATER

Forprojektet har været opdelt i to arbejdspakker. I arbejdspakke 1 har vi sorteret, kortlagt og kategoriseret 1100kg kabelskrot med henblik på at afklare kvalitet og mængde af tilgængeligt kabelskrot. Dernæst har vi udviklet forsøgsopstillinger til fremstilling af re-fabrikerede testemner, med henblik på at afdække mulige arbejdsgange og validere den tekniske gennemførlighed af projektidéen.

Kortlægningen af kabelskrotfraktioner har vist at 83% af kabelskrotten er fundet brugbar. De 83% udgøres af 77% kabler og 23% ledning, hvor andelen af kabel har vist sig at være nemmest at håndtere, idet kablerne er mindre sammenfiltrede og ikke har nær så mange buk som ledningerne. Den brugbare andel af kabelskrotten består primært af konduktorer med et tværsnit på 1,5mm² (59%) og 2,5mm² (31%). 12% af det sorterede kabelskrot har en længde på under 1 meter, 51% en længde på 1 til 5 meter og 16% en længde på 5 til 10 meter, de resterende 21% har en længde på over 10 meter.

Udviklingen af forsøgsopstillinger har først og fremmest givet en masse erfaringer omkring hvordan kobbertråd kan re-fabrikeres. Erfaringerne har resulteret i en række procesbeskrivelse for håndtering og sortering af kabelskrot og mulige produktionsmetoder. Fremtidigt udviklingsarbejde vil tage udgangspunkt i disse procesbeskrivelser.

Sideløbende med udviklingen har Teknologisk Institut testet og verificeret flere tidlige prototyper fremstillet ved punktsamling af to stykker kobbertråd. Deres undersøgelser har vist at porøsiteter i sammenføjningerne kan minimeres til et acceptabelt niveau, og at mikrostruktur og formbarhed dermed kan genoprettes i et tilstrækkeligt omfang.

Flere af de endelige testemner har kunne modstå fysiske påvirkninger beskrevet i den europæiske standard for kobbertråd til fremstilling af elektriske ledere (DS/EN 13602). Desværre har forprojektet dog ikke entydigt påvist at re-fabrikeringsteknologien kan overholde de relevante standarder. Det kræver yderligere udvikling at nå dertil.

I arbejdspakke 2 har vi beregnet re-fabrikeringsteknologiens afledte miljøeffekter, samt analyseret og evalueret forretningspotentialen i projektidéen med henblik på at fastslå hvorvidt produktion af re-fabrikeret kobbertråd er en økonomisk og miljømæssigt levedygtig forretning.

Beregningerne af afledte miljøeffekter har vist at vores re-fabrikeringsteknologi vil medføre en væsentlig reduktion af udledte drivhusgasser på >99%, sammenlignet med eksisterende produktionsmetoder til fremstilling af både traditionel og 100% recycled kobbertråd. Samtidig vil teknologien eliminere behovet for udvinding af 0,68kg kobbermalm pr. kg kobbertråd og kunne medføre en besparelse på op til 1,61m³ vand pr. kg kobbertråd.

Analysen af forretningspotentialen har resulteret i en positiv business case, hvor vores vurdering er at en lille produktionsvirksomhed med 10 ansatte, vil skulle håndtere og omsætte 1,82% af den kabelskrot der årligt er tilgængelig i Danmark for at skabe en levedygtig forretning. Dette vil eliminere behovet for udvinding af 6.878 tons jomfruelig kobber malm, og resultere i en besparelse på 447.759 tCO₂e og 162.768 m³ vand årligt sammenlignet med traditionel produktion.

Vores erfaring med sortering af eksisterende kabelskrotfraktioner er at det kun delvist er muligt at udføre rentabelt. Som en del af projektet har vi derfor samarbejdet med en installatør om at demontere kabelinstallationer selektivt. Vores erfaring med dette er, at en selektiv demontering vil forbedre effektiviteten og rentabiliteten af projektidéen væsentligt, idet at det ikke medfører et markant større tidsforbrug at demontere kabelinstallationer selektivt. Sortering i forskellige fraktioner vil dog medføre større logistikarbejde og kræve mere plads. Desuden er det vores erfaring at der skal ydes en ekstra ledelsesindsats for at påskynde medarbejdere til at ændre deres daglige rutiner i forbindelse med håndtering af kabelskrot.

Vores primære fokus i projektforsløbet omkring klargøring af kabelskrot har været at håndtere fraktionerne hensigtsmæssigt i forhold til videreforarbejdning og re-fabrikering af kobbertråden. Der eksisterer allerede teknologier til at adskille kobbertråd fra kabelkappe uden granulering, så det springende punkt har været at validere at kobbertråden kan skilles fra plastkappen uden at kobbertråden beskadiges. Vi har identificeret to metoder til dette.

I løbet af projektperioden har vi, som del af arbejdsplan 1, ligeledes afprøvet forskellige metoder til at punktsamle kobbertråd, både ved støbning (tilføjelse af materiale) og ved sammensmeltning. De afprøvede støbeprocesser har vist sig uhensigtsmæssige, primært fordi det har været en udfordring at styre en ensartet og tilstrækkelig høj temperatur til at sikre en homogen punktsamling. Vi skiftede derfor forholdsvis hurtigt over til at eksperimentere med forskellige smelteteknikker. En af vores store udfordringer med denne teknik har været turbulens i det smeltebad der opstår under samlingen af kobbertråden. Selv meget små afvigelser i form af tid, flow og effekt har vist sig at have stor betydning for resultatet. Dette har løbende stillet krav til videreudvikling af vores forsøgsopstillinger og meget af udviklingsarbejdet har bestået i at skrue på disse parametre hver for sig. Teknologisk Institut har været en god sparringspartner på dette område, hvor deres viden, test og undersøgelser har været med til at sikre en løbende udvikling.

En anden udfordring med teknikken har været at det hurtigt viste sig uundgåeligt at smelteteknikken ville medføre en punktsamlingsgrat. Det har krævet mekanisk forarbejdning at fjerne denne, idet udtrækning ikke alene har været tilstrækkeligt til at reetablere kobbertrådens oprindelige tværsnit.

Forløbet omkring arbejdsplan 2 er forløbet planmæssigt og uden de store udfordringer. Dog har det været en udfordring at finde data og statistik omkring tilgængelige mængder af kabelskrot i Danmark. Vi har derfor set os nødsaget til at anvende forældet data fra 1999, opskrevet med statistik for udviklingen af verdens import af kabelskrot. Modsat har let tilgængelige LCA/EPD-data for forskellige kobbertrådsprodukter gjort det nemt at beregne projektidéens afledte miljøeffekter. Beregningerne af re-fabrikeringsteknologiens miljøpåvirkninger er baseret på en 'cradle to gate' tilgang hvor der tages højde for at en lokal forarbejdning og produktion medfører mindre fragt af både kabelskrot og kobbertråd. For at sikre incitament for selektiv demontering og sortering af kabelskrot, er forprojektets business case baseret på at sorteret og selektivt demonteret kabelskrot indkøbes til en differentieret pris 20-25% over markedsværdi. Dette muliggøres af de lavere produktionsomkostninger, sammenlignet med traditionel produktion, som opnås ved at teknologien fastholder kobbertrådens indlejrede værdi.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Overordnet kan vi konkludere at forprojektet har påvist at re-fabrikering af kobbertråd kan opretholde en stor del af installationskablers indlejrede værdi, samtidig med at forurening, vandforbrug og udledning af drivhusgasser reduceres markant. Projektets idé er således en unik mulighed for lukke materialekredsløbet for kobbertråd og et ideelt grundlag for til fulde at opnå en cirkulær økonomi i kabelbranchen. Dermed bidrager projektet til realisering af FN's Verdensmål nr. 7, 8, 9, 11, 12, 13 og 15 og det undgås at kobbertråd af høj værdi 'downcycles' til kobbergranulat. Re-fabrikeringsteknologien vil samtidig muliggøre nye cirkulære forretningsmodeller, som f.eks. 'produkt som service' løsninger, hvor der i langt højere grad er incitament til at kabler nedtages i hele længder, der dermed kan cirkulere i lukkede kredsløb med direkte genbrug og minimalt behov for re-fabrikering.

Forprojektet har ligeledes valideret den tekniske gennemførlighed af projektidéen. Det er derfor vores samlede konklusion, at projektidéen har potentiale som produktionsteknologi. Dette selvom forprojektet også har påvist at selektiv demontering og sortering af kabelskrot er afgørende for at lette håndteringen og sortering af kabelskrotfraktioner, minimere antallet af re-fabrikeringer og dermed sikre en optimal produktion og en positiv business case.

Med udgangspunkt i denne erkendelse af, at en effektiv og hensigtsmæssig håndtering af kabelskrot er afgørende for at kunne opretholde en rentabel produktion af re-fabikeret kobbertråd, vil vi i det fremtidige udviklingsarbejde øge fokus på, at kabelskrotten skal sorteres på byggepladserne hvor elektrikere/nedbrydere i forvejen har fat i kabelskrotten. Den samlede re-fabikeringsløsning kommer derfor til at inkludere et koncept for hvordan kabelskrot kan demonteres og håndteres selektivt.

Samtidig med at det fremtidige udviklingsarbejde skal fokusere på et koncept for selektiv demontering, ligger der fortsat et stort udviklingsarbejde i at udvikle en sammenhængende produktionsteknologi, med en punktsamlingsmetode der er tilstrækkelig effektiv til at kobbertråden kan videreforarbejdes og formbarheden gendannes, og samtidig opnå en tilstrækkelig produktionskapacitet til at realisere forprojektets business case.

Ved at identificere kundeprofiler og udarbejde 'Value Proposition' modeller til validering af potentielle forretningsmodeller, er forprojektets business case forsøgt tilpasset til et reelt behov i markedet, med den hensigt at sikre at endelige produkter og serviceløsninger er attraktive og tilpasset kundernes behov. Vi ser dette kundefokus som afgørende for at udvikle den rigtige løsning, fremfor kun at udvikle løsningen rigtigt. Det er vores hensigt at endelige kabelprodukter skal færdigudvikles efter et '100% safe & circular' designkoncept. Målet er en effektiv og enkel produktionsproces der til fulde opretholder indlejret værdi og eliminerer begrebet affald fra kabelproduktion.

Læs mere om MUDP på www.ecoinnovation.dk